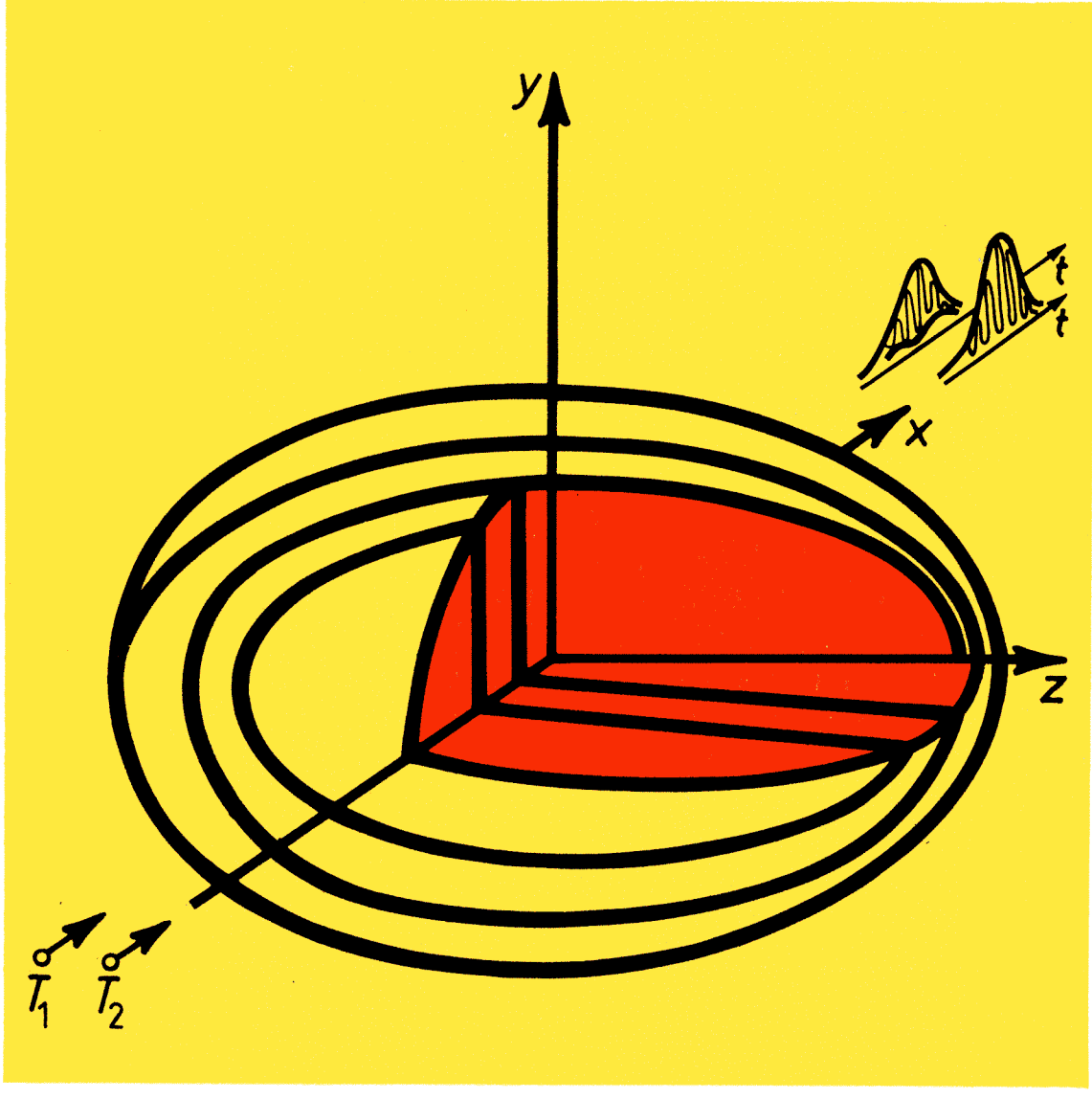
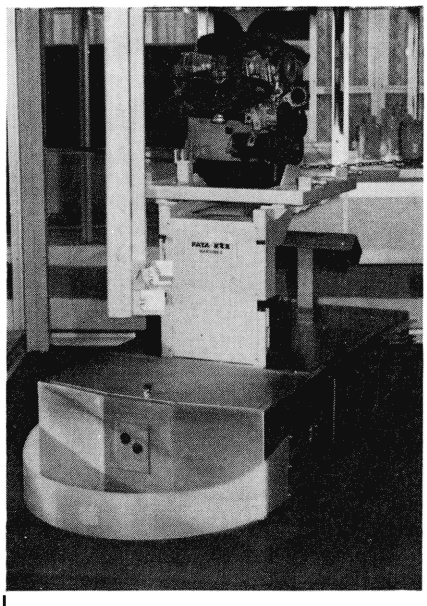
mst

7
1988

messen·steuern·regeln



VEB
Verlag Technik
Berlin
EVP: 4,- M



Automatischer Induktionstransport FATA – ZTS

Das Interesse in allen industriell entwickelten Ländern zielt darauf, eine höhere Mechanisierungs- und Automatisierungsstufe in den Produktionsprozessen zu erreichen. Auf die komplexe Automatisierung, insbesondere in der Gestalt flexibler Produktionssysteme, robotisierter Arbetisstätten und automatisierter Produktionsstraßen, ist auch das gemeinsame Programm der RGW-Länder gerichtet, das eine Stärkung der Volkswirtschaften der einzelnen Länder zum Ziel hat.

Kürzlich wurde ein langfristiges Abkommen zwischen der italienischen Firma FATA, dem tschechoslowakischen Außenhandelsunternehmen MARTIMEX und dem Schwermaschinenbauunternehmen ZTS in Dubnica nad Váhom unterzeichnet. Dieses Abkommen regelt die gegenseitige vorteilhafte Zusammenarbeit bei der Herstellung von automatisierten, induktiv geführten Manipulationswagen für den Zwischenoperationstransport in automatisierten Produktionssystemen. Inhaltlich geht es um den bedienungslosen Transport durch Akkumulatorwagen, die mittels einer im Fußboden eingebauten Induktionsschleife gesteuert werden.

Das Produktionsprogramm der italienischen Firma FATA umfaßt Traktoren, Dieselmotoren, Industrieroboter und Manipulatoren. Ihre größten Erfolge verzeichnete diese Firma in den letzten Jahren bei der Modernisierung des Maschinenparks der amerikanischen Automobilhersteller, vor allem GENERAL MOTORS. Seit 1985 sind die Induktionswagen von FATA auch im Automobilwerk VAZ in der UdSSR in Betrieb und zur Zeit liefert FATA auch Ausrüstungsteile robotisierter Abschnitte an AZNP Mladá Boleslav. Dies geschieht im Rahmen der Produktionsvorbereitung für den neuen Personenkraftwagen ŠKODA 781. Das abgeschlossene langzeitige Abkommen hat das Ziel, den Eigenbedarf beider Länder zu befriedigen und auch gemeinsame Lieferungen an Drittländer zu tätigen.

Innerhalb dieser Zusammenarbeit wird der italienische Hersteller vor allem für den elektronischen und elektrischen Teil des Wagens einschließlich des Steuerungssystems verantwortlich sein. ZTS Dubnica wird den mechanischen Teil und das Streckensystem sichern. Schrittweise soll in Dubnica auch ein gewisser Elektronikanteil übernommen werden.

Bereits lieferbar in zweiter, stark bearbeiteter Auflage!

Gerätekonstruktion

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Krause. 672 Seiten, 519 Bilder, 232 Tafeln, Leinen, DDR 49,— M, Ausland 60,— DM. Bestellangaben: 553 624 7/Krause, Geräte

Die große Nachfrage in der DDR und im Ausland sowie die positive Einschätzung durch Fachkollegen in der Industrie als auch durch Hochschullehrer und Studenten bestätigen, daß mit der geschlossenen Darstellung der Baugruppen- und Gerätekonstruktion für den feinmechanischen, optischen und elektronischen Gerätebau eine gute Synthese von Lehr- und Fachbuch gelungen ist.

Vermittelt werden zunächst die Grundlagen des konstruktiven Entwicklungsprozesses sowie des funktionellen und geometrisch-stofflichen Aufbaus von Geräten unter Beachtung von Genauigkeit, technischer Zuverlässigkeit und des Schutzes von Geräten und der Umwelt. Breiten Raum nimmt die Beschreibung moderner elektrisch-elektronischer, elektromechanischer, feinmechanischer, optischer und optoelektronischer Funktionsgruppen ein. Abschließende Abschnitte beinhalten die Formgestaltung von Geräten und die Verpackungskonstruktionen.

In der vorliegenden Auflage wurden die für die Montage zu beachtenden Richtlinien zur automatisierungsgerechten Gestaltung aufgenommen. Neu sind auch Abschnitte zur Leiterplattenkonstruktion und zu optoelektronischen Funktionsgruppen; hier sind erstmalig in umfassender Form konstruktive Richtlinien enthalten. Die raschen Fortschritte auf dem Gebiet der Antriebstechnik ließen es geboten erscheinen, den Abschnitt zu Positioniersystemen für lineare Schrittbewegungen neu zu bearbeiten und um die Gebiete der Rotations-Translations-Wandler sowie der in geregelten Antriebssystemen erforderlichen Meßeinrichtungen zu erweitern. Alle übrigen Abschnitte sowie Standard- und Literaturangaben wurden dem neuesten Stand entsprechend bearbeitet.

Im Fachbuchhandel erhältlich

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

msr

messen·steuern·regeln

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik

Herausgeber:
Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT

Redaktionsbeirat:
Dr. rer. nat. A. BORGWARDT, Prof. Dr. sc. techn. G. BRACK, Dipl.-Ing. H.-H. EHLERT, Prof. Dr. sc. techn. W. FRITZSCH, Prof. Dr. sc. techn. H. FUCHS, Dr. rer. nat. H. GENA, Dipl.-Ing. H. GOTTSCHALK, Dr.-Ing. K. HILSCHER, Prof. Dr.-Ing. habil. D. HOFMANN, Dr.-Ing. G. MEISTER, Dr.-Ing. J. MÜLLER, Prof. Dr. sc. techn. R. MÜLLER, Prof. Dr. sc. techn. P. NEUMANN, Prof. Dr.-Ing. S. PILZ, Prof. em. Dr. sc. techn. Dr.-Ing. E. h. K. REINISCH, Prof. Dr. sc. techn. W. RICHTER, Dr.-Ing. H. SCHULZE, Prof. Dr. sc. techn. H. TÖPFER, Prof. Dr. sc. oec. G. VIEHWEGER, Prof. Dr. sc. techn. W. WELLER, Prof. Dr. sc. techn. J. WERNSTEDT

Zum Titelbild:

Laser-Doppler-Anemometer und Laser-Laufzeit-Anemometer gestatten die berührungslose quasipunktförmige Strömungsmessung in einem Geschwindigkeitsbereich von 1 mm/s bis 500 m/s. Unser Titelbild, das dem Beitrag auf S. 304 zugeordnet ist, zeigt einen „Doppler-Burst", der beim Meßvorgang im Laser-Doppler-Anemometer entsteht.

Titelgrafik: G. SCHWESINGER

7
1988

31. Jahrgang
Juli 1988

ISSN 0026-0347

VEB
VERLAG TECHNIK
BERLIN

Aufsätze

H. Wendt
Anlagenautomatisierung — ein Hauptweg technischen Fortschritts im Lichte ökonomischer und sozialer Voraussetzungen und Zielstellungen 290

H. Bandemer und *F. Reimann*
Ein neues Verfahren zur Optimierung empirischer Funktionen mit überlagerten Zufallsfehlern 293

P. Neumann und *J. Sawatzky*
Kommunikationssysteme in der Automatisierungstechnik (Teil 2) 298

H. E. Albrecht, W. Fuchs, K. Hübner, R. Kramer und *W. Kröger*
Laser-Anemometrie 304

P. Schmidt
Prozeßnahes Steuerungs- und Regelungssystem EAW-electronic S2000 und seine Anwendung (Teil 2) 312

W. Mutschkin
Direkte digitale Regelung nach dem Prinzip der Lokalisation 315

Kurzbeiträge 318
Persönliches 322
Stellungnahme 323
Messen und Ausstellungen 324
Tagungen und Kolloquien 331
Buchbesprechungen 332
Neue Bücher aus der UdSSR 336
Vorschau und Kurzinformationen 3. US

H. Wendt

Anlagenautomatisierung — ein Hauptweg technischen Fortschritts im Lichte ökonomischer und sozialer Voraussetzungen und Zielstellungen[1)]

1. Anlagenautomatisierung — ein Politikum

Wie jede technische Entwicklung vollzieht sich auch der Prozeß der Automatisierung nicht in abstrakten Räumen und Zeiten — er wird von Menschen in einem konkret-historischen Umfeld und für Menschen durch praktische und intellektuelle Tätigkeit gemacht. MARX stellt fest: „Die Industrie ist das wirkliche geschichtliche Verhältnis der Natur und daher der Naturwissenschaft zum Menschen; wird sie daher als exoterische Enthüllung der menschlichen Wesenskräfte gefaßt, so wird das menschliche Wesen der Natur oder das natürliche Wesen des Menschen verstanden . . ." [1]. In dem Maße, wie der Mensch die Natur immer breiter und tiefer gestaltet und damit seinen Zwecken nutzbar macht, enthüllt sich in der gestalteten Natur — in der Industrie und ergo in der Technik — menschliche Wesenskraft, erweist sich Technik selbst als „menschliche Natur". Das gilt in doppeltem Sinne: eben als durch den Menschen aus Natur hervorgehend (also auch unlöslich mit ihr verbunden) und als Entäußerung der Natur des Menschen sowie im letztgenannten Sinne zugleich als Entwicklungsform menschlichen Wesens selbst. Damit ist von vornherein der gleichermaßen natürliche wie der soziale Charakter der Technik bestimmt — für jede Entwicklungsform von Technik, auch für die Automatisierungstechnik. Zum Politikum wird Automatisierungstechnik in der Gegenwart vor allem aber deshalb, weil sie in entscheidendem Maße auf

- die Klassenauseinandersetzung zwischen Sozialismus und Imperialismus auf ökonomischem und auch auf politisch-ideologischem Gebiet
- den Prozeß der Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft

Einfluß ausübt.

Die Beschlüsse des XI. Parteitages der SED haben diesem Gedanken vor allem dadurch Ausdruck verliehen, als sie die Orientierung enthalten: „Die ökonomische Strategie unserer Partei mit dem Blick auf das Jahr 2000 ist darauf gerichtet, die Vorzüge des Sozialismus noch wirksamer mit den Errungenschaften der wissenschaftlich-technischen Revolution zu verbinden, die selbst in eine neue Etappe eingetreten ist" [2].

2. Die Automatisierung und das Wesen der wissenschaftlich-technischen Revolution

Es kann nicht ausreichen, zur Wesensbestimmung der wissenschaftlich-technischen Revolution einfach alle Hoch- und Schlüsseltechnologien nur aufzuzählen oder gar aus der Gegenwartssituation heraus die bedeutsamen gegenüber den weniger bedeutsamen Elementen herauszuheben. Die wissenschaftlich-technische Revolution ist eine Revolution der Produktivkräfte, die zu entscheidenden Veränderungen aller ihrer Elemente führt. Bezüglich der Veränderung der Grundqualität der Produktivkräfte ist allerdings die radikale Veränderung des revolutionärsten Elements der Produktivkräfte — der Arbeitsmittel — hervorzuheben. Im Verlaufe der wissenschaftlich-technischen Revolution entsteht ein neuer Typ der Technik, der am ehesten vielleicht als „intelligente Technik" gekennzeichnet werden kann.

Was versteht man unter „intelligenter Technik"? Bekanntlich umfaßt jeder technische Prozeß drei Grundkomponenten: Stoff-, Energie- und Informationswandlung. In der industriellen Revolution wurde mit der Herausbildung der klassischen Maschinerie die Stoff- und Energieverarbeitung auf Maschinen übertragen. Die wissenschaftlich-technische Revolution von heute überträgt zusätzlich auch die Informationsverarbeitung auf die Maschine. Die neue Grundqualität der Produktivkräfte wird demzufolge von jenem Typ der Technik charakterisiert, der entweder eine reine Informationsverarbeitungstechnik ist (Computertechnik, CAD, CAP, CAM) oder alle Komponenten organisch „in der Maschine" komplex verbindet (Industrierobotertechnik, Automatisierungstechnik bis zur automatischen Fabrik).

So gesehen spielen Automatisierungstechnik und neue Informationstechnologien in der Tat sowohl eine initiierende wie auch eine dominierende Rolle gegenüber allen anderen Erscheinungen, die ihrerseits — auch bei größter Bedeutung — zunächst nur Teilbereiche der Technik erfassen. Erfolge in der Entwicklung solcher Erscheinungsformen, beispielsweise der Biotechnik, können allerdings sowohl neue Stufen (Phasen) der wissenschaftlich-technischen Revolution einleiten als auch den Kernprozeß — die Entwicklung und Ausbreitung intelligenter Technik — wesentlich stärken.

Betrachtet man „intelligente Technik" als modernen Typ der Arbeitsmittel, so läßt sich eine wichtige Schlußfolgerung für die Charakterisierung der neuen Stellung des Menschen im Produktionsprozeß ziehen. Was sich in bezug auf den unmittelbaren Fertigungsprozeß als ein Heraustreten des Menschen darstellt, erweist sich allgemein als Entlastung des Menschen von der Aufgabe der Realisierung von Steuerungsprozessen. Intelligente Technik verändert deutlich sichtbar auch die Arbeit von Ingenieuren in der Produktionsvorbereitung (CAD, CAM), die Arbeit von Werktätigen bei der Realisierung von TUL-Prozessen, die Arbeit von Verwaltungspersonal u. a. Verallgemeinernd kann man feststellen, daß intelligente Technik einen neuen Typ des Verhältnisses von Mensch und Technik erfordert und deshalb ein Verhältnis hervorbringt, das wohl selbst als intelligent bezeichnet werden kann. An die menschliche Arbeit werden höhere Anforderungen bez. Qualifikation, Schöpfertum, Verantwortungsbewußtsein und Kämpfertum gestellt.

Es ist abzusehen, daß der Automatisierungstrend in der Fertigungsindustrie folgende Etappen bzw. Stadien durchläuft:

Prof. Dr. sc. phil. HELGE WENDT (49) studierte von 1956 bis 1961 Metallkunde an der Bergakademie Freiberg. Von 1961 bis 1964 Aspirantur am Lehrstuhl für Philosophische Probleme der modernen Naturwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin. 1964 Promotion zum Dr. phil. Von 1964 bis 1965 Zusatzstudium an der Staatlichen Universität Leningrad, danach von 1965 bis 1967 am Institut für Marxismus-Leninismus der Bergakademie Freiberg und seit 1967 an der Sektion Marxismus/Leninismus der TH (jetzt TU) „Otto von Guericke" Magdeburg tätig. 1973 Promotion B. 1977 Berufung zum o. Professor für Philosophische Probleme der Naturwissenschaften und Technik. Prorektor für Gesellschaftswissenschaften an der TU „Otto von Guericke" Magdeburg.

[1)] Überarbeitete und gekürzte Fassung eines Plenarvortrags anläßlich der 5. Wissenschaftlichen Konferenz „Anlagenautomatisierung" der TH Leipzig im Mai 1986.

— das automatisierte Produktionsinstrument
— die automatisierte Anlage
— den automatisierten Fertigungsabschnitt
— die automatisierte Fabrik.

Letztere integrieren nicht nur Produktionsinstrumente, sondern schließen die rechnergestützte Konstruktion, technologische Vorbereitung und Produktionssteuerung ein, so daß wohl zurecht von CIM — Computer Integrated Manufacturing — gesprochen werden kann. Der ganze Prozeß ist dann informationstechnisch gekoppelt. Damit gewinnt z. B. eine neue Erscheinung des Maschinenbaus hervorragende Bedeutung: Software wird zum Maschinenelement. Auf dieser Grundlage wird es gelingen, die entscheidenden Kennziffern jeder Produktion — Produktivität, Flexibilität, Qualität und Zuverlässigkeit — im Ganzen („organisch"!) auf ein qualitativ höheres Niveau zu bringen.
Um den Anforderungen an die automatische Fabrik gerecht zu werden, wird das Erfordernis, Computer der 5. Generation einzusetzen, steigen. Dies sind Computer (der Zukunft), die nicht mehr auf dem Von-Neuman-Grundtyp beruhen, sondern „Parallelverarbeitung" gestatten und damit das Vermögen zum Lernen, zum Assoziieren und zum Schlußfolgern haben.
Unabdingbare Voraussetzung sind diese Computer allerdings nicht, da Informationsverarbeitung bis zu einem bestimmten Komplexitätsgrad („Komplexitätsbarriere"!) auch von anderen Rechnern bzw. Rechnersystemen bewältigt werden kann. Der Wandel in der Funktion der einzusetzenden Arbeitskräfte vom Maschinenbediener zum Maschinenbeherrscher wird allerdings immer deutlicher hervortreten. Dialogfähige Systeme der Fertigung, rechnergestützte Durchführung der Programmierung (mit Risikominderung durch Simulationsläufe), eingebaute Diagnosesysteme begleiten diese Entwicklung. Dies führt schließlich zur Kopplung von Datenbanken und Informationssystemen mit Expertensystemen und damit zu echter Wissensverarbeitung.
Mit der knappen Darstellung der Entwicklung wird wohl besonders deutlich, in welch gravierender Weise sich die neue Grundqualität der Technik von „alter Technik" unterscheidet.

3. Voraussetzungen und Zielstellung für Automatisierungslösungen in der DDR

Die entscheidende Zielstellung für die Realisierung der wissenschaftlich-technischen Revolution in allen ihren Aspekten ist die Steigerung der Arbeitsproduktivität. Die Begründung dafür wird in folgenden Aussagen von W. KALWEIT, Vizepräsident der AdW der DDR, zum Ausdruck gebracht: „Fest steht das letztlich entscheidende Kriterium des Sieges der neuen Gesellschaftsformation: die höhere Arbeitsproduktivität als im Kapitalismus. Das ist die Voraussetzung, damit der Kapitalismus als Gesellschaftssystem von der historischen Bühne verschwindet und es ist Voraussetzung für ein Leben nach kommunistischen Prinzipien" [3].
Automatisierung ist Wesenselement der wissenschaftlich-technischen Revolution und der Durchsetzung der intensiv erweiterten Reproduktion als Reproduktionstyp des Sozialismus. Die Realisierung dieser zwei Entwicklungen, die in untrennbarer Wechselwirkung stehen, sind Gesetzmäßigkeiten der entwickelten sozialistischen Gesellschaft. Außenpolitische, außenwirtschaftliche, innerwirtschaftliche und technische Bedingungen verstärken den Druck, sich auf den Weg der intensiv erweiterten Reproduktion zu begeben. „Die internationale Entwicklung der Produktivkräfte vollzieht sich zunehmend rascher, und so können wir uns das Tempo nicht aussuchen" [2].
Die Zielstellungen, die mit dem Fortschreiten der Automatisierung angestrebt werden, sind andererseits vielfältig, aber immer auch auf die Durchsetzung des wissenschaftlich-technischen, ökonomischen und sozialen Fortschritts in Einheit gerichtet [2]:

— die Erneuerung der Produktion zu sichern
— die Qualität der Produktion zu erhöhen
— den Aufwand der Produktion in bedeutendem Maße zu senken (u. a. Material- und Energieökonomie)
— das Wachtumstempo der Arbeitsproduktivität zu steigern
— den Bedürfnissen der Menschen, den vielfältigen inneren Erfordernissen des Landes mit Hilfe der Ökonomie gerecht zu werden und diese Position in der Welt zu behaupten
— die Stellung der Werktätigen im Produktionsprozeß zu verändern (qualifikationsgerechte Aufgaben, Überwindung wesentlicher Unterschiede zwischen geistiger und körperlicher Arbeit u. a.)
— den Werktätigen interessantere schöpferische Aufgaben zu übertragen (u. a. Abbau geistig monotoner Arbeit)
— die Arbeitsbedingungen der Werktätigen immer günstiger zu gestalten (u. a. Abbau schwerer körperlicher und gesundheitsgefährdender Arbeit)
— die Realisierung geschlossener Stoffkreisläufe, die sowohl die Rohstoffbilanzen entlasten als auch die Belastung der natürlichen Umwelt von Abprodukten mindern.

Die sozialistische Gesellschaft hat jene Reife, die zur vollen Durchsetzung der wissenschaftlich-technischen Revolution erforderlich ist. „Auf wesentlichen Abschnitten hat die DDR mit dem angestiegenen internationalen Tempo der wissenschaftlich-technischen Revolution Schritt gehalten und selbst Spitzenpositionen erreicht" [2]. Der Grundvorzug der sozialistischen Gesellschaftsordnung ist die Fähigkeit, unbegrenzt ökonomischen in sozialen Fortschritt umsetzen zu können und zugleich sozialen Fortschritt in Triebkräfte des wissenschaftlich-technischen und ökonomischen Fortschritts zu wandeln. Das ist nicht vorrangig etwa nur ein moralischer, sondern ein fundamentaler Vorzug. Die DDR hat den erforderlichen Entwicklungsstand in ganzer Breite — als komplexes Bedingungsfeld — erreicht, der die Durchsetzung der wissenschaftlich-technischen Revolution ermöglicht:

— einen adäquaten Entwicklungsstand der Produktionsverhältnisse: Eigentums- und Machtverhältnisse, die gesamtgesellschaftliche Planung, die Prinzipien der Leitung und Organisation der Volkswirtschaft (Kombinate!), die Prinzipien der sozialistischen ökonomischen Integration
— einen adäquaten Entwicklungsstand der Produktivkräfte: Umfang, Qualität und Struktur der Grundmittel (Mechanisierungsgrad, Automatisierungsgrad), ein leistungsfähiges Bildungssystem, ein hohes Potential der Wissenschaft, ein außerordentliches Potential an qualifizierten Facharbeitern, Hoch- und Fachschulkadern.

Darauf aufbauend ist eine wichtige Schlußfolgerung abzuleiten: Die DDR wird dann mit hinreichendem Tempo weiter voranschreiten, wenn Leistungswillen, Schöpferkraft und Initiative mobilisiert, stimuliert und ausgeprägt werden. Dabei sind die Wissenschaftler in hohem Maße herausgefordert.

4. Automatisierung — Anforderung an hohe Effektivität geistiger Arbeit

Die moralische Pflicht jedes Werktätigen, kreativ zu sein, wird zu einem Politikum ersten Ranges. Natürlich ist Kreativität nicht zuletzt in der wissenschaftlichen Arbeit selbst gefragt. Vom Ergebnis der Arbeit der Wissenschaftler, der Wissenschaftlerkollektive, der Ingenieure und Ökonomen hängt wesentlich ab, mit welchem Tempo die DDR auf dem Wege des wissenschaftlich-technischen Fortschritts voranschreitet. Zur Bewertung der Ergebnisse sollten drei Kriterien Beachtung finden:

1. die Qualität, d. h. der Neuheitsgrad und die Verwertbarkeit (für die Praxis)
2. die Produktivität, d. h. die Zahl der wissenschaftlichen Ergebnisse bestimmter (!) Qualität je Zeiteinheit und bezogen auf das quantitativ und qualitativ eingesetzte Wissenschaftlerpotential
3. die Effektivität, d. h. Bewertung von Umfang und Qualität des Ergebnisses, bezogen auf den gesamten Aufwand an finanziellen, materiellen und personellen Fonds.

Angesichts des international überdurchschnittlich gegebenen Potentials an Hoch- und Fachschulkadern in der DDR kann der gegenwärtige Stand der Ergebnisse, und zwar an allen drei Kriterien gemessen, nicht zufriedenstellen. Allerdings kann ein hoher Anteil von Berufstätigen mit höherer Bildung allein noch keine Garantie für hohe Leistungen in der Wissenschaft geben.

Ausgangspunkt aller Überlegungen sollte sein, daß schließlich alle wissenschaftlichen Ergebnisse Produkt eines spezifischen gesellschaftlichen Arbeitsprozesses sind. Um diesen Prozeß zu Ergebnissen höherer Qualität, Produktivität und Effektivität zu führen, bedarf es klarer Anforderungen bzw. Zielstellungen wie auch einer sorgfältigen Analyse der gegebenen Bedingungen und schließlich der Gestaltung solcher Bedingungen, die zu höherer Effizienz wissenschaftlicher Arbeit führen. Unter den Bedingungen der wissenschaftlichen Arbeit spielen neben der materiell-technischen Absicherung, der Organisation und der Leitung sicher das individuelle Vermögen und das individuelle Engagement eine bedeutende Rolle.

Zunächst sollen einige „neue" Anforderungen charakterisiert werden, die auf die zu gestaltenden Bedingungen Einfluß haben.

(1) Revolutionäre Entwicklungen in Technik und Technologie setzen ihrerseits revolutionäre Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeit voraus, so daß gerade dort Kampfpositionen erforderlich sind, die das Weltniveau überschreitende Maßstäbe setzen und sich konsequent an ihnen orientieren. Es mag eingewendet werden, daß man in Technik und Produktion die Dialektik von Evolution und Revolution beachten müsse und nicht alle Gebiete gleichermaßen und gleichzeitig revolutionieren könne. Das ist richtig, und deshalb gilt die Konzentration den Schlüsseltechnologien und den entsprechenden wissenschaftlichen Potentialen. Ungeachtet dessen ist der revolutionäre Maßstab in der wissenschaftlichen Arbeit auf allen Gebieten erforderlich, nicht zuletzt deshalb, weil technisch-technologische Entwicklungen, die möglicherweise erst morgen oder übermorgen ins Blickfeld rücken, in diesem oder jenem Wissenschaftsgebiet schon heute ihre Keimzelle haben können. Andererseits sind überdurchschnittliche wissenschaftliche Ergebnisse auch in jenen Gebieten gefragt, die jetzt oder zukünftig die Kernfelder der Industrie (sowie der Landwirtschaft und des Dienstleistungssektors) darstellen — beispielsweise der Maschinenbau —, um die Qualität jener Erzeugnisse und Verfahren entscheidend anzuheben, die dann in Verbindung mit Schlüsseltechnologien zu höchster Gesamteffizienz geführt werden können.

(2) Die wachsende Verflechtung von Wissenschaft und Produktion führt dazu, daß die Verantwortung des Wissenschaftlers für die materielle Produktion einen wachsenden Grad von Direktheit gewinnt. Es sei angemerkt, daß sich die Verantwortung des Wissenschaftlers für die Entwicklung der eigenen Wissenschaftsdisziplin dadurch keineswegs verringert. Sie geht auch nicht teilweise auf die materielle Produktion über. Bedenkt man ferner, daß Forschung in den Bereichen Natur- und Technikwissenschaften häufig immense Kosten verursacht, d. h., in wachsendem Maße materielle und finanzielle Fonds in Anspruch nimmt, und andererseits gerade revolutionäre Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeit zu Innovationen führen, die riesige Ressourcen an Menschen und Material, Energien und technischen Mitteln in Bewegung setzen, dann wird offensichtlich, daß die gesellschaftliche Verantwortung des Wissenschaftlers eine qualitativ höhere Stufe erreicht, eine gesamtgesellschaftliche.

(3) Es steht außer Zweifel, daß bei dem Reifegrad der sozialistischen Gesellschaft die dialektische (widersprüchliche!) Einheit von wissenschaftlich-technischem, ökonomischem und sozialem Fortschritt Realität ist. Als nichtantagonistischer Widerspruch ist sie zugleich Triebkraft. Die Widersprüchlichkeit dieser Einheit wird u. a. darin deutlich, daß sich der Zusammenhang zwischen wissenschaftlich-technischem und sozialem Fortschritt auf „zwei Ebenen" bewegt, die wiederum miteinander in Wechselwirkung stehen:

- Wissenschaftlich-technischer Fortschritt vermittelt über ökonomischen Fortschritt sozialen Fortschritt; erweiterte ökonomische Potenzen gestatten eine bessere Befriedigung materieller und geistig-kultureller Bedürfnisse der Werktätigen.
- Wissenschaftlich-technischer Fortschritt greift unmittelbar in soziale Prozesse ein, verändert Arbeitsinhalte und Arbeitsorganisation, Lebensgewohnheiten und Lebensweise, Bildungsinhalte und Erziehungsprozesse, soziale Strukturen und soziale Beziehungen. Der Einfluß der durch Wissenschaft innovierten Technik auf soziale Prozesse ist umso stärker, je größer der Neuheitsgrad der Technik und je größer ihr Ausbreitungstempo und -radius ist.

Zum Abschluß seien einige „Bedingungen" wissenschaftlicher Arbeit skizziert, die gewissermaßen als individuelle Entsprechung des Wissenschaftlers auf die zuvor dargestellten Anforderungen angesehen werden können:

(1) Wissenschaftliche Spitzenleistungen erfordern die Kopplung von mindestens zwei grundlegenden Persönlichkeitseigenschaften: verinnerlichte Motivation zu hoher Leistungsbereitschaft einerseits und kreatives Vermögen und Können andererseits.

(2) Grundvoraussetzung für erfolgreiche wissenschaftliche Arbeit ist ein tiefes Spezialwissen, das mit einem breiten Grundlagenwissen gepaart ist. In bezug auf die technikwissenschaftliche Forschung schließt das folgende Aspekte ein:

- Der Technikwissenschaftler braucht naturwissenschaftliches Grundlagenwissen, um aus neuesten Erkenntnissen seinen „Suchraum" für neue, effektivere technische Lösungen ständig zu erweitern.
- Ohne daß empirisches Wissen an Bedeutung verliert, gewinnt auch in den Technikwissenschaften theoretisches Wissen deutlich an Gewicht. Theoretisches Wissen ist die rationelle Basis, um zielstrebig und mit vorausschaubarem Erfolg zu antizipieren, was man technisch machen kann und wie man es tun sollte (muß).
- Um technische Lösungen so gestalten zu können, daß beabsichtigte ökonomische und soziale Wirkungen erreicht werden, ist nicht nur Kenntnis auf gesellschaftswissenschaftlichen Gebieten erforderlich, sondern zunehmend auch die Fähigkeit, gesellschaftswissenschaftliches Wissen schöpferisch im technikwissenschaftlichen Arbeitsprozeß anwenden zu können.

In den zuvor genannten Bedingungen für effiziente wissenschaftliche Arbeit spiegelt sich die objektive Tendenz der Integration der Wissenschaften wider. Es geht also auch generell um die individuelle Herausbildung eines „interdisziplinären Vermögens", d. h., um die Fähigkeit, bei der Lösung komplexerer Probleme den Mitstreiter im Kollektiv zu verstehen und dessen Ideen mit den eigenen verknüpfen zu können, sowie um die Herausbildung des Willens, im Kollektiv sein Bestes zu geben.

(3) Gestützt auf solides Wissen ist Phantasie als wesentliches Element jedes schöpferischen Prozesses herausgefordert. Phantasie muß deshalb mehr gefordert und gefördert (auch trainiert) werden. Zugleich geht es um die Festigung des Selbstbewußtseins aller wissenschaftlich-schöpferisch Tätigen, daß jeder schöpferische Prozeß ein probabilistischer Prozeß ist, dem Hektik abträglich ist, der aber zugleich auch planbar ist, wenn Planung auf diesem Gebiet nicht von vornherein deterministisch angelegt ist.

(4) Zu den heute unabdingbaren Voraussetzungen für die Erhöhung der Effizienz wissenschaftlicher Arbeit gehört zweifellos die individuelle Fähigkeit, die Potenzen der Informations- und Kommunikationstechnik zu nutzen. Dabei geht es nicht zuletzt um die wachsenden Potenzen des Computers, dem schöpferisch tätigen Ingenieur und Technikwissenschaftler nicht nur „Diener für niedere Arbeiten", sondern Partner zu sein, allerdings ein Partner, der weder (soziale) Interessen, noch einen „eigenständigen" Willen hat. Ziele, Präferenzstrukturen in Zielspektren, Wichtung von Restriktionen, Bewertungsmaßstäbe werden vom Menschen gesetzt. Auch die Sach- und Fachkenntnisse des schöpferischen Menschen werden keinesfalls entwertet und schon gar nicht seine eigene erfinderische Idee. Andererseits erfordert der effektive Mensch-Computer-Dialog die Herausbildung einer wissenschaftlich-methodischen Denkweise des Ingenieurs und Technikwissenschaftlers, die diesen Dialog erst wirklich fruchtbar werden läßt. Dieser Weg ist konsequent zu beschreiten. Er ist eine wichtige Quelle für die Erhöhung der Effizienz wissenschaftlich-technischer Arbeit überhaupt, besonders jedoch dort, wo es um die Profilierung neuer Automatisierungslösungen geht, weil jene eben nicht nur in der geistig-antizipativen Phase, sondern auch in der Realisierung den Computer integrieren.

(Fortsetzung auf Seite 293)

H. Bandemer, F. Reimann

Ein neues Verfahren zur Optimierung empirischer Funktionen mit überlagerten Zufallsfehlern

0. Einleitung

Zahlreiche Steuer- und Regelprobleme enthalten die mathematische Aufgabe, eine Zielgröße in Abhängigkeit von einstellbaren Steuergrößen zu optimieren. Dabei trifft man häufig den Fall, daß sich der funktionale Zusammenhang zwischen der Zielgröße und den Steuergrößen nicht durch einen mathematisch behandelbaren Funktionsausdruck beschreiben läßt und daß neben den Steuergrößen weitere, als zufällig angenommene Einflußgrößen auf die Zielgröße wirken. Dies bedeutet, daß man die Zielgröße nur punktweise für jede Wertekombination der Steuergrößen experimentell und mit einem Zufallsfehler behaftet bestimmen kann. Andererseits verlangt man von einem Optimierungsverfahren für diesen Fall nicht, daß das Optimum beliebig genau bestimmt werden kann (Konvergenz), sondern daß das Verfahren möglichst schnell (mit wenigen zeitaufwendigen Versuchsdurchführungen) in eine Nähe des Optimums führt.
Für den angegebenen Fall sind also alle Optimierungsverfahren, die einen mathematischen Funktionsausdruck (zur Berechnung des Zielgrößenwertes oder zur Bildung des Gradienten usw.) oder die Fehlerfreiheit der Zielgröße (zur Gewährleistung der Annäherung an das Optimum und zur Einschätzung der Näherungswerte) verlangen, nicht sinnvoll anwendbar.
Zur Behandlung bleiben also nur solche Verfahren übrig, die mit den experimentell erhaltenen Zielgrößenwerten allein auskommen, das Box-Wilson-Verfahren [1], das Simplexverfahren [2], verschiedene stochastische Suchverfahren [3] und [4] und Verfahren der stochastischen Approximation [5] und [6].
Die Eigenschaften dieser Verfahren für die vorgelegte Aufgabe hängen natürlich sehr stark von den Eigenschaften der zu optimierenden Funktion und der Verteilung der Zufallsfehler ab. Bei vergleichenden Untersuchungen der Eigenschaften für die oben genannten Verfahrensklassen wurden Anregungen für ein neues Verfahren gefunden, das insbesondere der Zielstellung angepaßt ist, möglichst schnell in die Nähe des Optimums zu führen.

1. Mathematische Formulierung der Optimierungsaufgabe und der allgemeinen Struktur brauchbarer Verfahren

Es sei $S \subset R^k$ der beschränkte und abgeschlossene Variationsbereich der k Steuergrößen und $f(x)$; $x \in S$; die zu optimierende (reelle) Funktion. Es wird angenommen, daß sich der Zufallsfehler bei der experimentellen Bestimmung dem Funktionswert überlagert, d. h., für jedes $x \in S$ wird die Zufallsgröße

$$Y(x) = f(x) + \varepsilon(x) \tag{1}$$

beobachtet, dabei bezeichnet $\varepsilon(x)$ den Zufallsfehler, für den $E\varepsilon(x) = 0$ vorausgesetzt wird.

Für die weitere Untersuchung wird angenommen, daß f in S genau eine Minimalstelle besitzt. Erforderlichenfalls muß man S in Teilgebiete zerlegen, um diese Annahme zu rechtfertigen. Es bezeichnet x^* den Punkt in S, an dem f sein Minimum annimmt:

$$f^* = f(x^*) = \min_{x \in S} f(x). \tag{2}$$

Die in der Einleitung genannte „brauchbare Nähe" für dieses Minimum soll hier als diejenige Teilmenge von S gedeutet werden, in der die Funktion f Werte annimmt, die sich um höchstens ein vorgegebenes δ vom Minimalwert f^* unterscheiden

$$M_\delta = \{x \mid x \in S : f(x) \leqq f^* + \delta\}. \tag{3}$$

Die zulässige Abweichung δ muß für jedes technische Anwendungsproblem gesondert gewählt werden. Es sind auch andere Modellierungen der „brauchbaren Nähe" denkbar und technisch sinnvoll, z. B.

$$M_{\delta_x} = \{x \mid S : \|x - x^*\| \leqq \delta_x\}. \tag{4}$$

Die Struktur der im Abschnitt 1. genannten Verfahren zeigt, mehr oder weniger vollständig, die folgenden Iterationsschritte: Zuerst wird eine Anzahl Anfangspunkte ausgewählt (zufällig oder determiniert), an denen Y beobachtet wird. Sodann wird entschieden, ob das Optimierungsziel erreicht wurde oder nicht. Bei negativer Entscheidung wird das Verfahren fortgesetzt, indem neue Punkte zur Beobachtung ausgewählt werden. Nach der Beobachtung wird wieder entschieden, ob das Ziel erreicht wurde oder nicht, und das Verfahren wird erforderlichenfalls weiter fortgesetzt. Man kann also von Stufen des Verfahrens sprechen. Eine Stufe umfaßt dann das Vorgehen von einer Fortsetzungsentscheidung zur nächstfolgenden.
Die zu treffenden Entscheidungen über die Fortsetzung, wie auch die über die Auswahl weiterer Beobachtungspunkte, hängen letztlich von den Gegebenheiten des praktischen Problems ab, das gelöst werden soll. Von hier müssen die Angaben über die sinnvolle Wahl des Annäherungsparameters δ, über die Kosten für eine Beobachtung (eventuell abhängig vom Beobachtungspunkt x), über das Risiko einer fehlerhaften Entscheidung, daß nämlich mit dem angegebenen Abbruchpunkt $\hat{x}^*$ das Zielgebiet M_δ nicht erreicht wurde (eventuell in Abhängigkeit vom Abstand dieses Punktes von M_δ), geliefert werden.
Von diesen Vorgaben des Entscheidungsproblems können und sollten einige Parameter des Optimierungsverfahrens gesteuert werden, z. B. die Schrittweite, die Punktanzahl u. ä.
Um einen Vergleich von Verfahren allgemein zu ermöglichen, muß das Entscheidungsproblem erst einmal ausgeblendet werden.
Bei der Auswahl neuer Beobachtungspunkte wird bei den bekannten Verfahren häufig so vorgegangen, daß eine Suchrichtung ausgewählt wird, in der mit einer festen oder variablen Schrittweite ϱ nacheinander Punkte zur Beobachtung festgelegt werden.

(Fortsetzung von Seite 292)

Literatur

[1] Marx, K.: Ökonomisch-philosophische Manuskripte. In: Marx/Engels, Werke, Erg.-Band, I. Teil. Berlin: Dietz-Verlag 1978.
[2] Bericht des ZK der SED an den XI. Parteitag der SED. Berichterstatter: E. Honecker. Berlin: Dietz-Verlag 1986.
[3] Kalweit, W.: Gesetzmäßigkeiten des entwickelten Sozialismus. spectrum 16 (1985) 7, S. 16. msr 8831

Prof. Dr. rer. nat. habil. Hans Bandemer (55) studierte von 1953 bis 1958 an der Martin-Luther-Universität Halle Mathematik. Seit 1958 an der Bergakademie Freiberg, zuletzt als ordentlicher Professor. 1961 Promotion zum Dr. rer. nat., 1965 Habilitation.
Dipl.-Wirtsch. math. Fredy Reimann (36) studierte von 1970 bis 1976 Wirtschaftsmathematik an der Karl-Marx-Universität in Budapest. Seitdem als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Bauakademie der DDR (Institut für Projektierung und Standardisierung). Seit 1983 Themenverantwortlicher für die Anwendung mathematisch-statistischer Verfahren.

2. Vorschlag zur Auswahl der Suchrichtung

Es bezeichne nun

$$X_n = \{x_1, \ldots, x_n\} \tag{5}$$

die Menge der auf einer gegebenen Stufe für die Entscheidung über den nächsten Suchpunkt zu verwendenden bereits beobachteten Punkte, d. h., für jedes $x_i \in X_n$ ist eine Realisierung $y_i = y(x_i)$ von $Y(x_i)$ bekannt.

Viele lokale Optimierungsverfahren (z. B. Box-Wilson-Verfahren, einige stochastische Suchverfahren) behalten die im n-ten Schritt „erfolgreiche" Suchrichtung im $(n+1)$-ten Schritt bei. Falls also $x_i^{(*)} \in X_{n-1}$ über

$$x_n = x_{n-1} + \varrho_{n-1}(x_{n-1} - x_i^{(*)})$$

zu

$$y(x_n) = \min_j y(x_j); \qquad x_j \in X_n \tag{6}$$

geführt hat, dann wird der nächste Punkt x_{n+1} durch

$$x_{n+1} = x_n + \varrho_n(x_n - x_{n-1}) \tag{7}$$

gewählt.

Wegen (6) wären jedoch alle anderen Richtungen $x_n - x_j$ $(j = 1, \ldots, n-2)$ erfolgreich gewesen. Damit ist aber die Wahl gerade der Richtung $x_n - x_{n-1}$ nicht mehr als Notwendigkeit einzusehen. Man könnte also ein Bewertungskriterium vorgeben, mit dem über die Wahl der nächsten Suchrichtung entschieden wird. Haben die unmittelbar vorausgegangenen Beobachtungen jedoch zu Realisierungen von $Y(x)$ geführt, die größer als ein bereits in einem früheren Schritt gefundener Wert (sogenannte ungünstige Beobachtungen) sind, so kann dies sowohl daran liegen, daß das bereits erreichte Zielgebiet wieder verlassen wurde, als auch daran, daß eine Folge von Fehlerrealisierungen vorliegt, die alle stark positiv sind. In diesem Fall empfiehlt sich die Wiederholung von Beobachtungen an den Punkten mit den bislang kleinsten Realisierungen.

Für die Formulierung des Bewertungskriteriums zur Wahl der Suchrichtung werden die Punkte innerhalb von X_n neu indiziert, d. h.

$$X_n = \{x_1^{(n)}, \ldots, x_n^{(n)}\} \tag{8}$$

mit

$$y(x_1^{(n)}) \leqq y(x_2^{(n)}) \leqq \ldots \leqq y(x_n^{(n)}) . \tag{9}$$

Zur Vereinfachung wird der obere Index n in den folgenden Passagen vorübergehend weggelassen.

Es werden nun alle Richtungen durch den „besten" Punkt x_1 und einen anderen Punkt $x_i \in X_n$ betrachtet. Mit $x(l, i)$ wird die orthogonale Projektion von $x_l \in X_n$ auf die Richtung $x_1 - x_i$ bezeichnet, d. h.

$$x(l, i) = x_i + p(l, i)\,(x_1 - x_i) . \tag{10}$$

Nun wird die Teilmenge $G(\tau, i)$ von X_n eingeführt, die alle diejenigen Punkte enthält, die in einer τ-Umgebung dieser Geraden liegen, deren Abstand von der Projektion jedoch höchstens die Hälfte des Abstandes des besten Punktes von der Projektion ist

$$G(\tau, i) = \{x_l \mid x_l \in X_n : \|x(l, i) - x_l\| < \min(\tau, \|x(l, i) - x_1\|/2)\} \tag{11}$$

Alle Punkte aus $G(\tau, i)$ liefern Informationen darüber, wie sich die Funktion in der Richtung $x_1 - x_i$ verhält. Insbesondere kann der durchschnittliche Abfall von $f(x)$ zwischen $x(l, i)$ und x_1 durch $(y_1 - y_l)/\|x_1 - x(l, i)\|$ geschätzt werden.

Es bezeichne weiter $I(\tau, i)$ die Indexmenge aller Punkte aus $G(\tau, i)$, d. h.

$$I(\tau, i) = \{l \in \{1, \ldots, n\} : x_l \in G(\tau, i)\} , \tag{12}$$

und $P(\tau, i)$ die zugehörige Menge der Faktoren $p(l, i)$ aus (10), also

$$P(\tau, i) = \{p(l, i) : l \in I(\tau, i)\} . \tag{13}$$

Der Wert von $p(l, i)$ gibt bekanntlich Auskunft darüber, wie die Projektion $x(l, i)$ bezüglich x_i und x_1 auf der Richtungsgeraden liegt, wobei $p(l, i) = 1$ bedeuten würde, daß $x(l, i)$ mit dem bislang besten Punkt x_1 zusammenfällt. Dieser p-Wert trennt also die Punkte der Richtungsgeraden in zwei Gebiete: $p < 1$, „vor x_1", und $p > 1$, „hinter x_1", jeweils von x_i aus gesehen. Man erhält somit den jeweils benachbarten Projektionspunkt von x_1 auf der Richtungsgeraden durch Bildung von

$$p_1(\tau, i) = \max_{p<1} P(\tau, i) \quad (\text{„Vorpunkt"}) \tag{14}$$

und

$$p_2(\tau, i) = \min_{p>1} P(\tau, i) \quad (\text{„Nachpunkt"}) \tag{15}$$

falls die Teilmenge von $P(\tau, i)$ mit $p > 1$ nicht leer ist. Zur vollständigen Definition von $p_2(\tau, i)$ setzt man andernfalls $p_2(\tau, i) = \infty$. Weiterhin sei l_2 der Index des Punktes aus (12), der das Minimum in (15) realisiert, für $p_2(\tau, i) = \infty$ sei $l_2 = 0$ gesetzt.

In das Bewertungskriterium $B(\tau, i)$ sollen eingehen:

a) Kenntnisse oder Annahmen über die Struktur der Verteilung der zufälligen Fehler, z. B. die Varianzen $\sigma_i^2 = D^2\,Y(x_i)$ oder, wenn diese nicht bekannt sind, deren Schätzungen oder bekannte obere Schranken
b) die beabsichtigte Schrittweite $\varrho_{n+1} = \varrho$ für den nächsten Schritt
c) einige wählbare Parameter, die das lokale Verhalten der Funktion berücksichtigen (Funktionswertvorhersage mittels linearer Extrapolation oder quadratische Interpolation).

Der folgende Vorschlag für eine Bewertung geht von den verschiedenen auftretenden Konstellationen aus. Die Zusammenfassung der Fallunterscheidungen liefert dann die empfohlene Bewertungsvorschrift.

Falls der Abstand $\|x_1 - x_i\|$ gegenüber der Schrittweite nicht zu groß ist und in der Richtung $x_1 - x_i$ noch kein weiterer Punkt realisiert wurde, sowie der Unterschied zwischen y_i und y_1 im Verhältnis zu den Varianzen der zufälligen Fehler groß ist, dann ist eine Funktionswertverbesserung in der Richtung über x_1 hinaus zu erwarten. Diese Richtung soll dann mit dem durch gedämpfte lineare Extrapolation vorhergesagten Funktionswert in

$$x = x_1 + \varrho(x_1 - x_i)/\|x_1 - x_i\| \tag{16}$$

(mit dem Dämpfungsfaktor β) bewertet werden.

$$B(\tau, i) = y_1 + \beta\varrho(y_1 - y_i)/\|x_1 - x_i\| , \tag{17a}$$

falls

$$\|x_1 - x_i\| < \alpha\varrho , \quad p_1(\tau, i) \leqq 0 , \quad p_2(\tau, i) = \infty ,$$
$$y_1 - y_i + \gamma\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_i^2} < 0.$$

In (17a) kommen also die noch wählbaren Parameter $\alpha > 1$, $\beta \in (0, 1)$ und $\gamma > 0$ vor.

Falls jedoch ein „Nachpunkt" existiert (vgl. (15)), dann kann der Minimalwert von f in dieser Richtung bereits überschritten worden sein oder zwischen x_1 und $x(l_2, i)$ liegen. In diesem Fall soll die quadratische Interpolationsfunktion $\tilde{f}$ durch die Punkte (x_1, y_1), (x_i, y_i) und $(x(l_2, i), y_{l2})$ berechnet werden, deren Minimalwert auf der Richtungsgeraden $x_1 - x_i$ als Bewertung genommen werden soll, d. h.

$$\tilde{f}(x^*(l_2, i)) = \inf_{x = x_i + t(x_1 - x_i);\ t \in R} \tilde{f}(x) .$$

Also ergibt sich

$$B(\tau, i) = \tilde{f}(x^*(l_2, i)) , \tag{17b}$$

falls

$$\|x^*(l_2, i) - x_1\| < \tau , \quad p_1(\tau, i) \leqq 0 , \quad p_2(\tau, i) < \infty ,$$
$$y_1 - y_i + \gamma\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_i^2} < 0 .$$

In allen anderen Fällen wird unendlich als Bewertung gewählt, d. h.,

$$B(\tau, i) = \infty , \tag{17c}$$

falls

$$\|x_1 - x_i\| \geqq \alpha\varrho \quad \text{oder} \quad p_1(\tau, i) > 0 \quad \text{oder}$$
$$y_1 - y_i + \gamma\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_i^2} \geqq 0$$

oder falls in (17b)

$$\|x^*(l_2, i) - x_1\| \geqq \tau\,.$$

Durch das Kriterium (17) wird nun eine Rangfolge der möglichen Richtungen durch x_1 eingeführt:
Eine Richtung $x_1 - x_i$ ist besser als die Richtung $x_1 - x_j$, falls

$$B(\tau, i) < B(\tau, j)\,. \tag{18}$$

Werden durch (17) mehrere Richtungen mit gleicher, aber endlicher Bewertung versehen, so kann eine dieser Richtungen willkürlich oder zufällig ausgewählt werden. Im Fall, daß alle möglichen Richtungen eine Bewertung ∞ erhalten, empfiehlt sich die zufällige Auswahl einer Richtung von x_1 aus nach einer Gleichverteilung auf der Hypereinheitskugel oder die Wahl eines nächsten Beobachtungspunktes nach einem Verfahren der zufälligen (möglicherweise gesteuerten) Suche.

Bemerkung:
Es läßt sich zeigen, daß bei Wahl des nächsten Suchpunktes nach dem Kriterium (17) dieser nicht in der τ-Umgebung eines anderen Punktes liegt.
Haben sich wegen fortgesetzter ungünstiger Beobachtungen (d. h. mit größeren Realisierungswerten als das aktuelle Minimum) Wiederholungen von Beobachtungen an bereits beobachteten Suchpunkten notwendig gemacht, so empfiehlt es sich, den Mittelwert der Beobachtungen als neuen Beobachtungswert zu führen, dessen Varianz aber einen entsprechend kleineren Wert bekommt. Dies wirkt sich dann im Bewertungskriterium und bei der Entscheidung über eine Fortsetzung aus.

Tafel 1. Suchalgorithmus

Schritt 0	
$x_1 = x_0$	— x_0 ist der vorzugebende Startpunkt
$x_2, \ldots, x_{k+2}$	— die Punkte $x_2, \ldots, x_{k+2}$ werden als Eckpunkte des Simplex mit x_0 als Mittelpunkt und $\|x_j - x_0\| = \varrho_0$ gewählt ($j = 2, \ldots, k+2$)
$n = k + 2$	— n zählt die Anzahl der verschiedenen Suchpunkte
$i = k + 2$	— i zählt die Anzahl aller Funktionswertberechnungen
$X_n = \{x_1^{(i)}, \ldots, x_n^{(i)}\}$	— Neuindizierung der Punkte
$w_j^{(i)} = 1; j = 1, \ldots, n$	— Anzahl der Beobachtungen für $x_j^{(i)}$
$y_j^{(i)} = y(x_j^{(i)}) = f(x_j^{(i)}) + \varepsilon(x_j^{(i)})$	— Beobachtungen für $Y(x_j^{(i)})$
$\sigma_j^{(i)} = \sigma; j = 1, \ldots, n$	— obere Schranke für die Standardabweichung des Fehlers
$z_1 = 0$	— Anzahl aufeinanderfolgender Verschlechterungen
$z_2 = 0$	— Anzahl aufeinanderfolgender Verbesserungen bis zu einer Schrittweitenerhöhung
$\varrho_i = \varrho_0$ goto Schritt 1	
Schritt 1	
if ($z_1 > 0 \wedge z_1$ ist durch w teilbar)	— falls die Anzahl von Verschlechterungen ein Vielfaches von w ist,
goto Schritt 6	dann erfolgt eine wiederholte Beobachtung
else	— andernfalls Auswahl einer Richtung nach (17)
goto Schritt 2	
Schritt 2	Wahl der Richtung nach (17)
$B(\tau, l) = \min_{j=2,\ldots,n} B(\tau, j)$	— Ermitteln des minimalen $B(\tau, l)$
if ($B(\tau, l) < \infty \wedge$ Bewertung (17a)) goto Schritt 3	— der nächste Punkt wird durch lineare Suche bestimmt
else if ($B(\tau, l) < \infty \wedge$ Bewertung (17b))	— der nächste Punkt wird durch quadratische Interpolation ermittelt
goto Schritt 4	
else goto Schritt 5	— Es kann keine determinierte Wahl erfolgen. Der neue Punkt wird zufällig gewählt.
Schritt 3	lineare Suche
$n = n + 1; \sigma_n = \sigma$	— Beobachtung in einem neuen Punkt
$x_n = x_1^{(i)} + \varrho_i \dfrac{x_1^{(i)} - x_l^{(i)}}{\|x_1^{(i)} - x_l^{(i)}\|}$	— Wahl des neuen Punktes entlang der besten Richtung $x_1^{(i)} - x_l^{(i)}$
goto Schritt 7	
Schritt 4	quadratische Interpolation
$n = n + 1; \sigma_n = \sigma$	
$x_n = x^*(l_2, l)$	— $x^*(l_2, l)$ ist der Punkt, an dem die quadratische Interpolationsfunktion ihr Minimum annimmt (vgl. (17b))
goto Schritt 7	
Schritt 5	zufällige Suche
$n = n + 1; \sigma_n = \sigma$	
$x_n \in R(x_1^{(i)}, \varrho_i)$	— zufällige Auslosung nach einer Gleichverteilung auf der Oberfläche der Hyperkugel um x_1 mit dem Radius ϱ_i
goto Schritt 7	
Schritt 6	wiederholte Beobachtung
if ($w_1^{(i)} < r$) $x_w = x_1^{(i)}; j = 1$	— der beste Punkt wird erneut beobachtet, da die Anzahl der Wiederholungen noch nicht die vorgegebene Anzahl r übersteigt
else if ($w_1^{(i)} = r \wedge w_2^{(i)} < r$) $x_w = x_2^{(i)}; j = 2$	— der zweitbeste Punkt kann nur erneut beobachtet werden
else goto Schritt 2	— keine wiederholte Beobachtung sinnvoll; es wird eine Richtung nach Kriterium (17) gewählt
$y_j^{(i)} = \dfrac{w_j^{(i)} y_j^{(i)} + y(x_w)}{w_j^{(i)} + 1}$	— der neue Funktionswert für $x_j^{(i)}$ ist der Mittelwert aus allen Beobachtungswerten
$w_j^{(i)} = w_j^{(i)} + 1$	
$\sigma_j^{(i)} = \sigma/\sqrt{w_j^{(i)}}$	— die Standardabweichung für $Y(x_j^{(i)})$ wird entsprechend korrigiert
$z_1 = z_1 + 1$	— eine wiederholte Beobachtung wird formal als Verschlechterung gewertet
$\varrho_{i+1} = \varrho_i$	— keine Schrittweitenänderung
$i = i + 1$ goto Schritt 1	
Schritt 7	Festlegung der neuen Schrittweite
$X_n = \{x_1^{(i+1)}, \ldots, x_n^{(i+1)}\}$	— Neuindizierung der Punkte
if ($x_n = x_1^{(i+1)}$) $z_1 = 0; z_2 = z_2 + 1$	— der neue Punkt stellt den neuen besten Punkt dar
else $z_1 = z_1 + 1; z_2 = 0$	— der neue Punkt führt zu keiner Verbesserung
if ($z_2 > s_1 \wedge m_{1,5} < s_2$) $z_2 = 0$ $\varrho_{i+1} = \min(1{,}2\varrho_i, \varrho_{max})$	— bei mehr als s_1 aufeinanderfolgenden Verbesserungen und weniger als s_2 Punkten in der $1{,}5\varrho_i$-Umgebung des besten Punktes wird die Schrittweite erhöht
else if ($z_1 > s_3 \wedge m_1 > s_4$) $\varrho_{i+1} = \max(0{,}8\varrho_i, \varrho_{min})$	— bei mehr als s_3 aufeinanderfolgenden Mißerfolgen und mehr als s_4 Punkte in der ϱ_i-Umgebung des besten Punktes wird die Schrittweite verkleinert
$i = i + 1$; goto Schritt 1	

3. Beschreibung des Algorithmus für das vorgeschlagene Verfahren

Nach den Erläuterungen zu der Wahl einer geeigneten Suchrichtung kann nun das eigentliche Suchverfahren dargestellt werden. Die Beschreibung läßt das Abbruchkriterium offen, da hierfür die konkreten Bedingungen des praktischen Problems eine wesentliche Rolle spielen. Zum Beispiel die Folgen, die ein Nichterreichen des Zielgebietes hätte und die Kosten, die ein Versuch zur Beobachtung von $Y(x)$ erfordert. Für den Vergleich mit anderen Verfahren und die Untersuchung der Eigenschaften des Verfahrens wurde das Abbruchkriterium daher ausgeblendet. Über weiterführende Untersuchungen, die das Abbruchkriterium einschließen, soll in einer späteren Arbeit berichtet werden.
Tafel 1 zeigt den Suchalgorithmus. Die Darstellung ist so gewählt, daß alle notwendigen Erklärungen zu den einzelnen Schritten mit angeführt sind.

Bemerkungen zum Algorithmus

B1) Neben den Parametern α, β, γ und τ für das Bewertungskriterium (17) müssen noch folgende Größen vorgegeben werden: x_0, σ, w, ϱ_0, ϱ_{min}, ϱ_{max}, r, s_1, s_2, s_3 und s_4.

B2) Anstelle des Startsimplex kann im Schritt 0 auch durch zufälliges Auslosen eine Startfolge von Suchpunkten erzeugt werden. In der Darstellung wurde ein Simplex gewählt, weil damit relativ viele voneinander unterschiedliche Suchrichtungen zu Beginn des Verfahrens gegeben sind.

B3) In der dargestellten Version des Algorithmus werden alle einmal erhaltenen Punkte für die Bestimmung eines neuen Punktes berücksichtigt. Richtungsbestimmend sind jedoch nur Punkte, die in einer $\alpha\varrho$-Umgebung des jeweils besten Punktes liegen. Es bietet sich nun folgende Veränderung an: Es wird nur eine vorgegebene Anzahl (n_0) von Punkten berücksichtigt. Falls n gleich n_0 ist, dann wird der Punkt gestrichen, der den größten Abstand vom besten Punkt hat. Untersuchungen zeigten, daß der so veränderte Algorithmus bei geeigneter Wahl von n_0 nicht schlechter als der ursprüngliche ist.

4. Beispiel zum Algorithmus

Der im Abschnitt 3. angegebene Algorithmus soll durch das folgende numerische Beispiel illustriert werden. Dazu wurden gewählt:

$$Y(x) = 10(x^{(1)} - 0{,}4)^2 + 20(x^{(2)} - 0{,}6)^2 + \varepsilon(x);$$

$$\varepsilon(x) \sim N(0; 0{,}04)$$

$$S = \{x = (x^{(1)}, x^{(2)}) \mid -1 \leqq x^{(j)} \leqq 1;\ j = 1, 2\}$$

$$x_0 = (0; 0);\ \varrho_0 = 0{,}15;\ \varrho_{min} = 0{,}04;\ \varrho_{max} = 0{,}25$$

$$\tau = 0{,}02;\ \alpha = 2;\ \beta = 0{,}5;\ \gamma = 2;\ r = 2;\ w = 5$$

$$s_1 = 2;\ s_2 = 3;\ s_3 = 1;\ s_4 = 2;\ n_0 = 8\,.$$

Die Ergebnisse für die ersten zehn Iterationsschritte sind in der Tafel 2 enthalten.
In der Spalte Art der Wahl ist angegeben, wie der Punkt gewählt wurde. (S: Startsimplex, L: lineare Suche, Z: zufällige Auslosung)

Tafel 2. Ergebnisse der ersten zehn Iterationsschritte

i	x_i	$y(x_i)$	$f(x_i)$	Art der Wahl	ϱ_i
1	(0; 0)	9,04	8,80	S	0,15
2	(0; 0,15)	5,85	5,65	S	0,15
3	(0,13; −0,075)	9,81	9,84	S	0,15
4	(−0,13; −0,075)	11,93	11,92	S	0,15
5	(0,075; 0,28)	3,06	3,11	L	0,15
6	(0,114; 0,42)	1,40	1,43	L	0,15
7	(0,153; 0,57)	0,81	0,63	L	0,15
8	(0,199; 0,743)	0,74	0,81	L	0,18
9	(0,047; 0,839)	2,33	2,39	Z	0,18
10	(0,352; 0,648)	0,36	0,07	L	0,18

Erläuterungen zur Wahl einiger Punkte:

Wahl von x_0
Durch Neuindizierung ergibt sich für die ersten vier Punkte

$$x_1^{(4)} = x_2\,,\quad x_2^{(4)} = x_1\,,\quad x_3^{(4)} = x_3\,,\quad x_4^{(4)} = x_4\,.$$

Entsprechend der Beziehung (11) erhält man:

$$G(0{,}02; 2) = \{x_1^{(4)}, x_2^{(4)}\};\quad G(0{,}02; 3) = \{x_1^{(4)}, x_3^{(4)}\};$$

$$G(0{,}02; 4) = \{x_1^{(4)}, x_4^{(4)}\}\,.$$

Da in diesem Fall für alle drei Richtungen die Bedingungen für die Bewertung nach (17a) erfüllt sind, ergeben sich nach Anwendung dieser Formel folgende Bewertungen:

$$B(0{,}02; 2) = 4{,}26;\quad B(0{,}02; 3) = 4{,}71;\quad B(0{,}02; 4) = 4, 10\,.$$

Das heißt $x_1^{(4)} - x_4^{(4)}$ stellt die beste Richtung dar.
Mit (16) ergibt sich somit

$$x_5 = x_1^{(4)} + \varrho_5(x_1^{(4)} - x_4^{(4)}/\|x_1^{(4)} - x_4^{(4)}\| = (0{,}075; 0{,}28)\,.$$

Wahl von x_6

Es gelten:

$$x_1^{(5)} = x_5;\ x_2^{(5)} = x_2;\ x_3^{(5)} = x_1;\ x_4^{(5)} = x_3;\ x_5^{(5)} = x_4 \quad \text{und}$$

wegen (11)

$$G(0{,}02; 2) = \{x_1^{(5)}, x_2^{(5)}, x_5^{(5)}\};\ G(0{,}02; 3) = \{x_1^{(5)}, x_3^{(5)}\};$$

$$G(0{,}02; 5) = G(0{,}02; 2)\,.$$

Dabei wurde $G(0{,}02; 4)$ nicht bestimmt, denn die Richtung $x_1^{(5)} - x_4^{(5)}$ erhält unabhängig von $G(0{,}02; 4)$ die Bewertung ∞, weil $\|x_1^{(5)} - x_4^{(5)}\| = 0{,}359 > \alpha\varrho_5 = 0{,}3$ gilt.
Die Bewertung der Richtung $x_1^{(5)} - x_2^{(5)}$ erfolgt nach (17a), weil insbesondere nach (14) $p_1(0{,}02;\ 2) = 0$ gilt. Somit erhält man $B(0{,}02; 2) = 1{,}67$. Für $x_1^{(5)} - x_3^{(5)}$ ergibt sich ebenfalls nach (17a) $B(0{,}02; 3) = 1{,}51$. Die Richtung $x_1^{(5)} - x_5^{(5)}$ muß nach (17c) bewertet werden, denn mit (14) erhält man $p_1(0{,}02; 5) = 0{,}63$, d. h. $B(0{,}02; 5) = \infty$. Die beste Richtung ist damit $x_1^{(5)} - x_3^{(5)}$ und mit (16) erhält man den in Tafel 2 angegebenen Punkt x_6.
An der Tafel 2 kann man z. B. erkennen, wie sich die Beobachtungswerte in die Umgebung des Minimalwertes bewegen. Wäre z. B. für das Zielgebiet M_δ ein $\delta = 1$ vorgegeben gewesen, so sieht man, daß in der vorliegenden Beispielrechnung dieses Gebiet nach sieben Schritten erreicht wird. Diese Betrachtung bildet den Ausgangspunkt für vergleichende Untersuchungen des vorgeschlagenen Algorithmus im folgenden Abschnitt.

5. Einige Ergebnisse von Simulationsrechnungen zur Einschätzung der Eigenschaften des Verfahrens

Um die Güte eines Optimierungsverfahrens zu bewerten, werden häufig Konvergenzeigenschaften des Verfahrens untersucht und Testrechnungen für spezielle Funktionen durchgeführt. Für die im zweiten Abschnitt erläuterte Problemstellung ist solch eine Betrachtungsweise nur von geringem Interesse.
Für praktische Problemstellungen sind folgende Fragestellungen eher von Bedeutung:

1) Wie verhält sich das Verfahren für im Verhältnis zur Fehlerstandardabweichung σ unterschiedlich große δ (z. B. $\delta = 2\sigma$, 3σ, 5σ)?
2) Welchen Einfluß hat die Lage des Startpunktes x_0? Wie wirken sich insbesondere unterschiedliche Abstände $\|x_0 - x^*\|$ aus?
3) Welchen Einfluß hat das Verhältnis $f_0/(f^* + \delta)$?
4) Wie stark hängt die Güte des Verfahrens von der Dimension des Problems ab?

Die angeführten Fragen zeigen, wie vielschichtig das Problem der Beurteilung der Güte eines Verfahrens ist.
Für das vorgestellte Verfahren wurden umfangreiche Simulationsrechnungen zur Beantwortung der Fragestellungen 1) bis 4) durchgeführt. Die dabei gewählte Simulationsstrategie sowie die erhaltenen Ergebnisse im Vergleich zu anderen Verfahren werden Gegenstand einer weiteren Arbeit sein.

Tafel 3. 2dimensionale quadratische Formen

Kombination	$\bar{g}_6$	$\bar{g}_9$	$\bar{g}_{12}$
1	0	0	0
2	27	7	0
3	16	5	2
4	23	0,2	0
5	24	4	0,7
6	14	10	3

Tafel 4. 3dimensionale quadratische Formen

Kombination	$\bar{g}_6$	$\bar{g}_9$	$\bar{g}_{12}$	$\bar{g}_{15}$
1	15	0	0	0
2	53	9	2	0,5
3	18	7	2	0
4	47	7	0,6	0
5	37	25	18	8
6	29	16	8	4

Tafel 5. 5dimensionale quadratische Formen

Kombination	$\bar{g}_9$	$\bar{g}_{12}$	$\bar{g}_{15}$	$\bar{g}_{18}$	$\bar{g}_{21}$
1	10	10	0	0	0
2	39	15	9	8	7
3	12	11	0	0	0
4	40	15	12	8	5
5	50	42	35	23	19
6	25	24	14	13	11

Als Basis der Untersuchung wird die übliche Vorstellung gewählt, daß sich die zu optimierende Funktion lokal durch eine quadratische Form approximieren läßt. Die folgenden aufgeführten Ergebnisse beziehen sich daher auf die Klasse der positiv definiten quadratischen Formen.

Speziell wurden folgende Festlegungen getroffen:

$$S = [-1; 1]^k, \quad x_0 = (0; \ldots; 0), \quad f^* = 0, \quad \delta = 1,$$

$$f_0 \in \{2; 5; 10\}$$

$$\sigma \in \{0{,}2; 0{,}3; 0{,}5\}, \quad \|x_0 - x^*\| \in \{0{,}2; 0{,}5; 1\},$$

$$\lambda_{min}/\lambda_{max} \in \{0{,}2; 0{,}5; 0{,}8\}$$

(λ_{min} minimaler Eigenwert, λ_{max} maximaler Eigenwert).

Für die Kombinationen $(\|x_0 - x^*\|, f_0, \lambda_{min}/\lambda_{max}, \sigma) = (0{,}2; 2; 0{,}2; 0{,}2), (1; 10; 0{,}8; 0{,}2), (0{,}5; 2; 0{,}8; 0{,}3), (1; 5; 0{,}2; 0{,}3), (0{,}2; 5; 0{,}8; 0{,}5)$ und $(0{,}5; 10; 0{,}2; 0{,}5)$ wurden jeweils zwanzig 2-, 3- und 5dimensionale quadratische Formen zufällig ausgelost. Für jede dabei erhaltene quadratische Form wurde dann das Verfahren getestet.

Zur Beurteilung der Güte des Verfahrens wurde nach jedem Iterationsschritt folgende Größe berechnet:

$$g_i = \begin{cases} 0 & \text{falls } f(x_1^{(i)}) < f^* + \delta \\ \dfrac{(f(x_1^{(i)}) - f^* - \delta)\,100}{f_0 - f^* - \delta} & \text{falls } f(x_1^{(i)}) \geqq f^* + \delta . \end{cases}$$

Die Größen g_i geben an, wieviel Prozent der geforderten Startfunktionswertverbesserung nach i Iterationsschritten noch zu realisieren sind. Für eine vorgegebene Kombination $(\|x_0 - x^*\|, f_0, \lambda_{min}/\lambda_{max}, \sigma)$ wurde dann der Mittelwert $\bar{g}_i$ der erhaltenen zwanzig g_i-Werte gebildet. In den Tafeln 3 bis 5 sind diese Werte aufgeführt.

Die angegebenen Ergebnisse sollen einen Eindruck davon vermitteln, wie gut das Verfahren arbeitet. Wirklich interessant sind solche Betrachtungen jedoch erst dann, wenn Vergleiche zu anderen Verfahren bekannt sind. Dies soll auch die Aufgabe weiterführender Untersuchungen sein.

Zusammenfassung

Ausgehend von der mathematischen Problemstellung der Optimierung empirischer Funktionen mit überlagerten Zufallsfehlern wird die Wahl einer geeigneten Suchrichtung behandelt. Als Ergebnis dieser Betrachtungen wird ein Bewertungskriterium für die Wahl einer Suchrichtung angegeben. Dieses Bewertungskriterium bildet die Grundlage für das anschließend vorgestellte neue Optimierungsverfahren. Abschließend werden ein numerisches Beispiel und Ergebnisse von Simulationsrechnungen zu diesem Verfahren angegeben.

Literatur

[1] Box, G. E. P.; Wilson, K. B.: On the experimental attainment of optimum conditions. J. Roy. Statist. Soc., Ser. B 13 (1951), S. 1—45.

[2] Hartmann, K.; Lezki, E.; Schäfer, W.: Statistische Versuchsplanung und -auswertung in der Stoffwirtschaft. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1974.

[3] Müller, P. H.; Nollau, V.; Polovinkin, I.: Stochastische Suchverfahren. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1986.

[4] Zielinski, R.; Neumann, P.: Stochastische Verfahren zur Suche nach dem Minimum einer Funktion. Berlin: Akademie-Verlag 1983.

[5] Blum, J. R.: Multidimensional stochastic approximation methods. Ann. Math. Stat. 25 (1954), S. 737—744.

[6] Kiefer, J.; Wolfowitz, J.: Stochastic estimation of the maximum of a regression function. Ann. Math. Stat. 23 (1952), S. 462—466.

msr 8752

Zu Ihrer Information! Im VEB Verlag Technik Berlin erscheinen neben der „msr" folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik/Elektronik und angrenzender Gebiete:

Nachrichtentechnik/Elektronik; radio-fernsehen-elektronik; Elektropraktiker und Mikroprozessortechnik.

Bitte nutzen Sie auch diese Informationsquellen!

P. Neumann, J. Sawatzky

Kommunikationssysteme in der Automatisierungstechnik (Teil 2)[1)]

2. Feldbussysteme

2.1. Moderne Lösungen im prozeßnahen Bereich von MR-Automatisierungsanlagen

Folgende Lösungsvarianten der Erneuerung des prozeßnahen Bereiches haben sich entwickelt und bestehen teilweise nebeneinander:

1. Sensornahe Informationsverarbeitung
   Dazu werden sämtliche Wandlungen bei Sensoren gezählt:
   - Verwendung herkömmlicher Sensoren und Verwendung MP-orientierter Meßumformer, z. B. ST 3000 und MAGNEW (*Honeywell*), H28 (*Krohne*), mit analoger oder digitaler Signalkopplung innerhalb der Instrumentierung einer MSR-Stelle [24] bis [26]
   - Verwendung von Vor-Ort-Industrie-PC für komplexe Aufgaben der Meßwerterfassung und -aufbereitung (z. B. bei der Messung von Qualitätsgrößen) [27]
   - Verwendung intelligenter Sensoren mit integrierter Informationsverarbeitung [28]
2. Prozeßdatensammlung mit Feldmultiplexern [29]
   Beispiel: FM 100 (*Siemens*)
3. Feldbussysteme (Bild 3)
   Feldbussysteme können angewendet werden als
   - autarke Lösungen für die Klein- und Mittelautomatisierung
   - unterlagerte Ebene von Prozeßleitsystemen bzw. als Zubringer für speicherprogrammierbare Steuerungen oder Industrie-PC.

Mit fortschreitender Entwicklung der Rechentechnik und der Kommunikationssysteme entstehen aus den autarken Lösungen total verteilte MR-Automatisierungsanlagen.

2.2. Beispiele realisierter Feldbussysteme

1. Autarke Feldbussysteme
   - INTERBUS-Feldmultiplex-System (*Phoenix Contact*) [30]
   - Feldbussystem-Applikationen (*TU Magdeburg*) [31]
   - INTERBUS-C (*Phoenix Contact*) [32]

   Bild 4 zeigt die Konfiguration eines INTERBUS-C-Systems. Die Datenübertragungslösung basiert auf dem Firmenstandard Intel-Bitbus [33] bis [35].
2. Feldbussysteme als unterlagerte Ebene von Prozeßleitsystemen
   - INTERBUS-S (*Phoenix Contact*) [36] als Zubringerbus für speicherprogrammierbare Steuerungen *Siemens* S5 (Bild 5)
   - Zubringerbus ZB 10 (*BBC*) [37]
   - Optionale schnelle serielle Schnittstelle zwischen Verarbeitungsstationen I 14 und autarken Erweiterungssystemen im System PROCONTROL I (*BBC*) [38]
   - Peripheriebus im System Damatic XD (*Valmet*) [39]
   - PDL 1000 (*Philips*) [40]. Bild 6 zeigt die Konfiguration des Feldbussystems PDL 1000. Es wird als Besonderheit die frequenzmodulierte Übertragung (FSK) angewendet.
   - Master Fieldbus (*ASEA*) [41]
   - Koppelbus A 500-DEA im System Logistat CP 80 (*AEG*) [42] (Intel-Bitbus)
   - Kommunikationsnetzwerk CNM im System IPC 620 (*Honeywell IPC*) [43]
   - SUCONET (*Klöckner/Möller*) [44].

   Die Übersicht, die nur einen Ausschnitt weltweit vorhandener Lösungen enthält, zeigt die Vielfalt der Produkte. Die angebotenen Feldbussysteme unterscheiden sich teilweise stark hinsichtlich
   - Topologie (Linie herrscht vor)
   - Leistungsmerkmalen (Datenraten, Zugriffsverfahren, elektrische und logische Schnittstellen)
   - Grad der Offenheit
   - Explosionssicherheit
   - Grad der Intelligenz der angeschlossenen Feldbuseinheiten und somit Niveau der implementierten Anwendungs-, Hilfs- und Kommunikationsfunktionen.

2.3. Normung von Feldbussystemen

Die Tatsache, daß bereits eine große Zahl realisierter Feldbuslösungen existiert, daß kein Marktführer existiert, dessen Firmenstandard sich durchsetzt, daß die Kommunikationssysteme ein wesentliches Innovationsgebiet der Automatisierungstechnik sind und daß ein hoher Wertanteil von Automatisierungsvorhaben auf den prozeßnahen Bereich entfällt, zwingt zu einschneidenden Normungsarbeiten mit kurzfristigem Erfolg.
Bei den derzeitig intensiv durchgeführten Normungsarbeiten ist von folgenden Entwicklungen auszugehen.

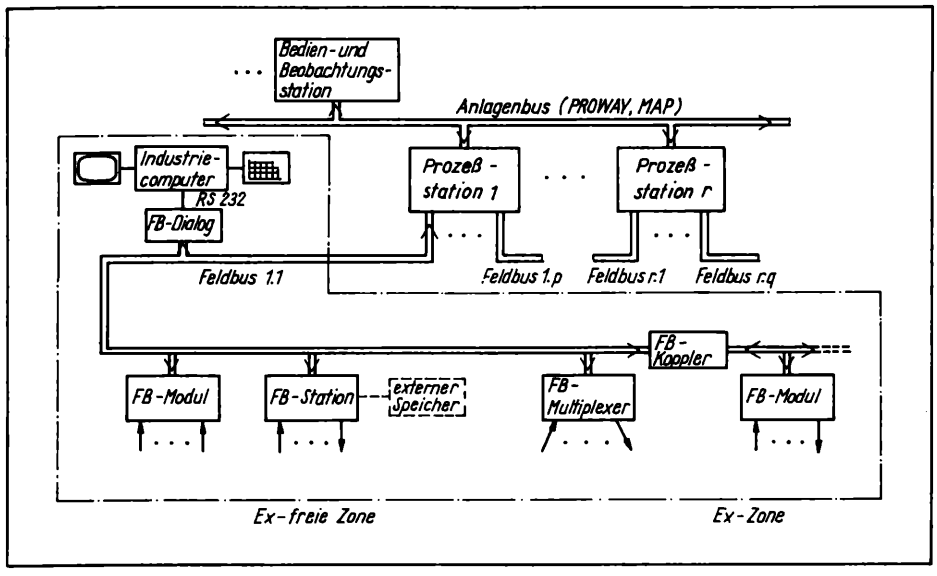
2.3.1. Firmenstandard Intel-Bitbus

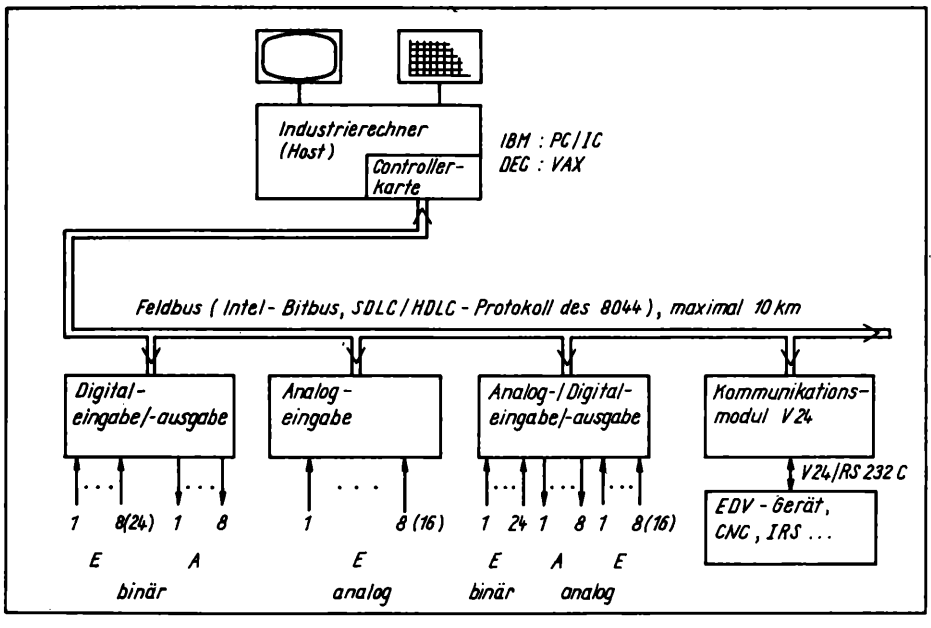
Die Lösung ist seit Jahren im Einsatz und hat durch die Verfügbarkeit der Schaltkreise 8051 und 8044 eine weltweite Verbreitung gefunden, zuerst vornehmlich zur Realisierung serieller Komponentenbusse, in letzter Zeit zunehmend für Feldbuslösungen (vgl. Abschnitt 2.2.).
Der Intel-Bitbus ermöglicht die Verbindung eines Masterknotens mit bis zu 250 Slaveknoten. Der Datenaustausch kann auf einer Ebene oder hierarchisch auf mehreren Ebenen abgewickelt werden. Zwei Operationsmodi werden in Abhängigkeit von der Art der Datenübertragung, von der Ausdehnung und der Anzahl angeschlossener Knoten angewendet:

synchroner Datenaustausch:
maximal 28 Knoten (1 Master, maximal 27 Slaves); maximal 30 m Länge; Datenübertragungsrate: 0,5 bis 2,4 MBaud; Übertragungsmedium: zwei differentielle Zweidrahtleitungen (Daten-, Taktleitung)
Die Takterzeugung wird im sendenden Knoten vorgenommen. Einsatzgebiet: Robotersteuerung (Verbindung mit Peripheriegeräten)
asynchroner Datenaustausch:
maximal 28 Knoten je Segment; maximale Länge/Datenübertragungsrate: 300 m/375 kBaud, 1200 m/62,5 kBaud; Anzahl von Repeatern: 2/10; Übertragungsmedium: zwei differentielle Zweidrahtleitungen (Daten, Repeater-Kontrolle/Steuerung); Knoten können aus einem
- Gerät (Master oder Slave)
- Gerät und einer Erweiterung (mit eigenem Prozessor zur Verarbeitung oder für Gatewayfunktionen)
- Repeater

bestehen.
Der Master initiiert die Kommunikation durch Senden einer Anforderung (abgeleitet von einer im Master laufenden Task) an den Slave. Der Slave, in dem eine entsprechende Task gestartet wird, sendet entweder die geforderten Daten (sofern aufbereitet vorhanden) oder eine Quittung (zugehörige Nachricht wird in einem der folgenden Nachrichtenzyklen übermittelt).
In beiden Fällen setzt der Master die Slaveabfrage fort. Er wartet nicht auf die Beendigung der Slavetask. Somit ist es möglich, daß in einem Slave gleichzeitig mehrere nicht beantwortete Anforderungen des Masters vorliegen, die nacheinander abgearbeitet werden.

[1)] Der Teil 1 erschien im Heft 6/1988.





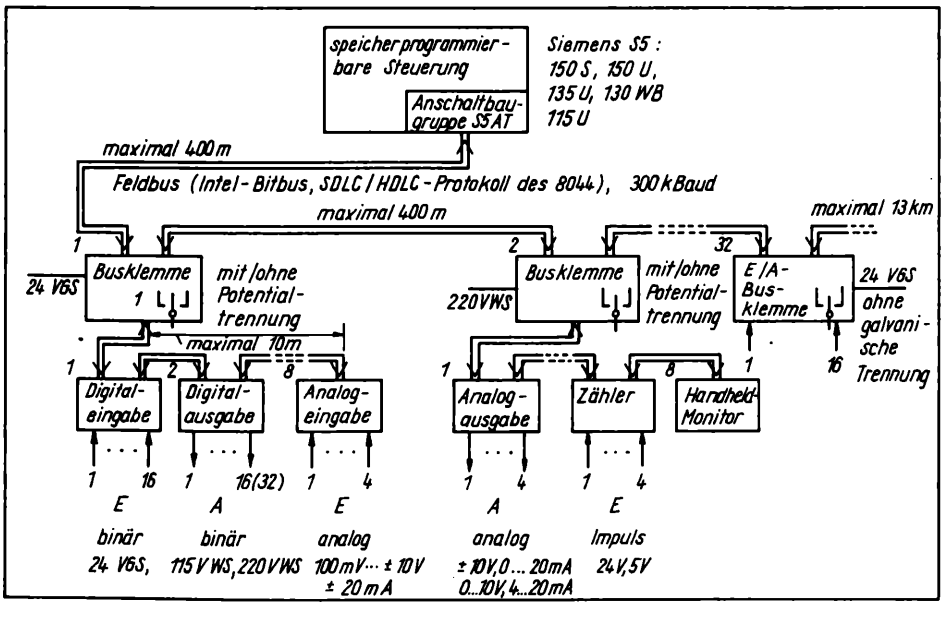


Bild 4. Feldbussystem INTERBUS-C von Phoenix Contact
PC Personalcomputer; IC Industriecomputer; *SDLC* Synchronous Data Link Control; *HDLC* High Level Data Link Control; *E* Eingangsgrößen; *A* Ausgangsgrößen; *IRS* Industrieroboter-steuerung

Bild 5. Feldbussystem INTERBUS-S von Phoenix Contact
S5 Steuerungssystem SIMATIC S5; *GS* Gleichspannung; *WS* Wechselspannung; *E* Eingangsgrößen; *A* Ausgangsgrößen; *E/A* Eingabe/Ausgabe

Bild 3. Einsatzvarianten von Feldbussystemen
MAP Manufacturing Automation Protocol; *FB* Feldbus; *Ex* Explosionsgefährdung
—·—·—·— autarker Einsatz als Kleinautomatisierungslösung

Der Master führt zur Kontrolle für jeden Slave ein Anforderungsregister.
Die Kommunikationssteuerung wird vom Microcontroller 8044, der in jedem Knoten vorhanden ist, vorgenommen. Er besteht aus der CPU 8051 und dem DPM-gekoppelten seriellen Interface SIU. Somit können gleichzeitig Prozeß- und Kommunikationsinterrupts behandelt werden. Zur Übertragung werden HDLC/SDLC-Prozeduren (im AUTO-Mode ohne Nutzung der CPU, im FLEXIBLE-Mode unter CPU-Kontrolle) benutzt [35]. Die maximal mögliche Telegrammlänge ist durch die Größe externer Puffer bestimmt. Die Verwendung externer Puffer ist für niedrige Übertragungsraten vorgesehen.
Die Telegrammformate stimmen teilweise mit dem SDLC-Format überein. Die Spezifizierungsebenen, in denen das Bitbus-Protokoll beschrieben ist, stimmen nicht mit den Schichten des OSI-Referenzmodells überein:

— elektrisches Interface (NRZ-Kode, Interface RS 485 u. a.)
— Sicherungsprotokoll (SDLC-Standard)
— Nachrichtenprotokoll (Mechanismen für den Austausch von Nachrichten zwischen Tasks)
— Remote Access and Control (RAC) (Kommandos und Antworten auf hohem sprachlichen Niveau für Standardoperationen des Datenaustausches als Bestandteil des Datenfeldes
— mechanische Spezifikationen.

Der Intel-Bitbus ist nicht für den direkten Querverkehr zwischen Feldbuseinheiten ausgelegt und betreibt wenig Aufwand für die Datensicherung. Er bietet jedoch eine große Anzahl realisierbarer Varianten hinsichtlich Struktur, Übertragungsrate und Anzahl anschließbarer Teilnehmer und ist deshalb für die praktische Feldbusrealisierung relevant (vgl. Abschnitt 2.2).

2.3.2. Nationale Normungsvorhaben

Derzeit wird an einer Reihe nationaler Normen gearbeitet, z. B.

— SP 50 (USA)
— MIL STD 1553 B (Großbritannien)
— FIP (Frankreich)
— PROFIBUS (BR Deutschland).

Dabei werden Anstrengungen unternommen, durch Zusammenarbeit verschiedener Hersteller bei der Ausarbeitung der Definitionen und Spezifikationen sowie bei der Realisierung von sogenannten Multivendorprojekten sowohl die Kräfte zu konzentrieren als auch auf diese Weise eine Marktführerschaft zu erreichen. Das geht einher mit der frühzeitigen Veröffentlichung von

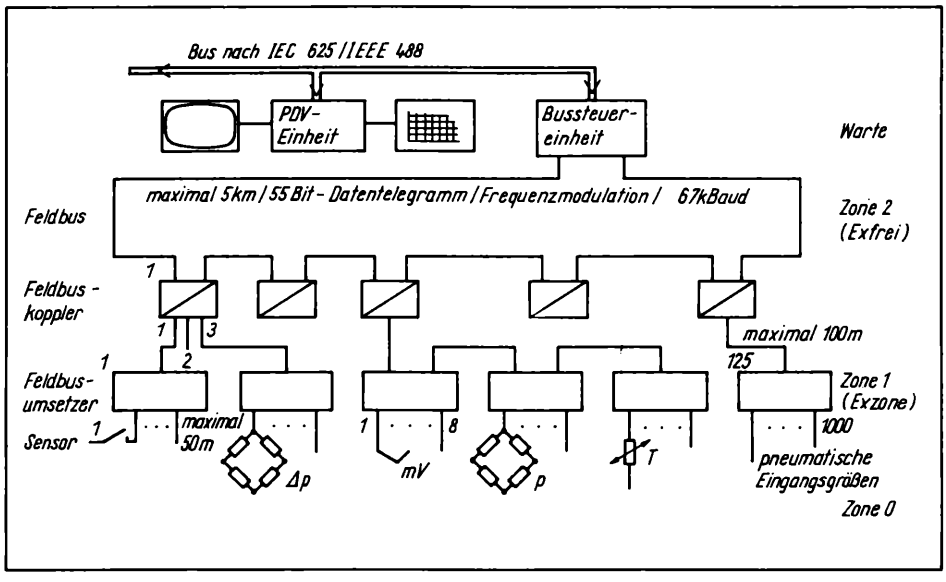


Bild 6. Feldbussystem PDL 1000 von Philips
PDV Prozeßdatenverarbeitung; *Ex* Explosionsgefährdung

◀

Bild 7. Physische und logische Topologie beim PROFIBUS

Normentwürfen bzw. Vornormen (z. B. DIN V 19245 [45]) sowie dem Austausch implementierter Teillösungen. Es ist davon auszugehen, daß die internationale Normung wesentlich vom Fortschritt der nationalen Normung beeinflußt wird. Am Beispiel der Entwicklung der PROFIBUS-Norm soll der Umfang der Festlegungen einer Feldbusnorm erläutert werden.

Die Kommunikationsdienste werden für die Schichten 1, 2 und 7 des OSI-Referenzmodells [46] definiert und spezifiziert. Zusätzliche Funktionen werden in einem Management zusammengefaßt.

Vorgegebene technische Daten [47]:

- elektrische Anschlußbedingungen: RS 485
- Übertragungsmedium:
  geschirmte, verdrillte Zweidrahtleitung (minimaler Querschnitt 0,22 mm²), Leitungsabschluß: 120 Ω
- Topologie:
  Linie ohne Abzweig, kurze Teilnehmerstichleitung (<30 cm)
- Entfernung und Übertragungsgeschwindigkeit:
  1200 m bei 90 kBaud
  600 m bei 187 kBaud
  200 m bei 500 kBaud
- Signalkodierung: NRZ
- Teilnehmerzahl:
  maximal 32 Teilnehmer/Linie (ohne Repeater), maximal 122 Teilnehmer bei 5 Linien (mit 3 Repeatern)
- Verwendung von UART-Zeichen nach ISO 1177/2022 (asynchrone, schlupffeste Übertragung)
- Verwendung unterschiedlicher Telegrammformate mit fester oder variabler Länge des Informationsfeldes und mit Sicherungsfeld (Hammingdistanz $HD = 4$) oder ohne Sicherungsfeld ($HD = 2$).

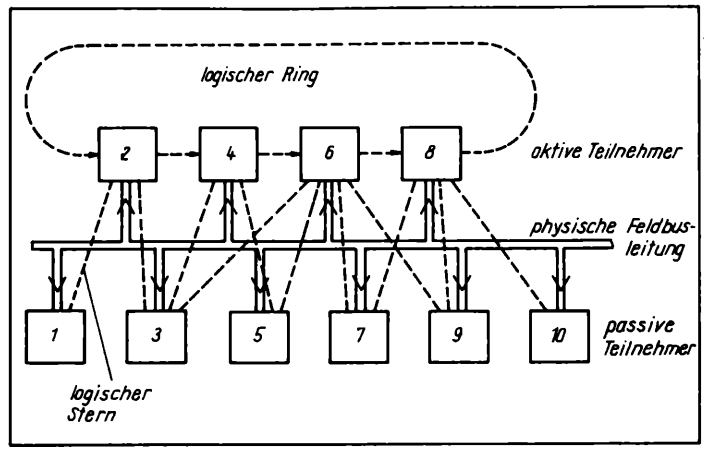
In der Schicht 2 sind folgende Dienste definiert:

- FDL (Fieldbus Data Link) mit den Funktionen
  - azyklischer Sende- und Anforderungsbetrieb
  - zyklischer Sende- und Anforderungsbetrieb
  - Erstellen einer aktuellen Teilnehmerliste
- FLC (Fieldbus Link Control)
- MAC (Medium Access Control).

Als Zugriffsverfahren kommen Token-Passing (für aktive Teilnehmer) und Polling (für passive Teilnehmer) zur Anwendung (Bild 7). Für eine faire Buszuteilung in allen Belastungszuständen werden zwei Prioritätsstufen eingeführt. Hochpriorisierte Nachrichten (mindestens eine) können von jedem Teilnehmer in jedem Tokenumlaufzyklus abgesetzt werden. Niederpriorisierte Nachrichten können nur dann gesendet werden, wenn eine vorgegebene (einstellbare) Tokenumlaufzeit nicht überschritten wurde.

Als Managementfunktionen werden definiert:

- Selbsttätige Initialisierung des logischen Rings und dessen Reinitialisierung nach Tokenverlust



- Modifikation aktiver Teilnehmer im logischen Ring
- Modifikation passiver Teilnehmer im Zugriffsbereich eines aktiven Teilnehmers.

2.3.3. Internationale Normung

Die genannten nationalen Normungsvorhaben werden zwar selbständig vorangetrieben, es erfolgt aber ein Informationsaustausch. Basis ist ein Anforderungspapier der IEC [48]. Insgesamt können die Anforderungen an Feldbussysteme wie folgt zusammengefaßt werden:

Allgemeine technische Anforderungen an den Feldbus

- rückwirkungsfreier Anschluß der Prozeßinterfacekomponenten PIK (Feldbusmodule), Modulwechsel im Betrieb, bei Modulausfall keine Beeinträchtigung des Systemverhaltens
- genormte Schnittstelle, Anschließbarkeit von Geräten unterschiedlicher Hersteller
- einfaches, verwechslungsfreies Einstellen der Feldbuseinheitenadresse
- einfache Rekonfigurationsmöglichkeiten bei Veränderung oder Erweiterung des Basisprozesses
- Anpaßbarkeit der Feldbuseinheiten an Signalart und Pegel, galvanische Entkopplung zwischen technologischer Anlage und Automatisierungsanlage
- vorzugsweiser Einsatz von Zweidrahtleitungen
- Hilfsenergieversorgung möglichst über die Busleitung (je Modul 50 mW ... 2 W)
- Eigensicherheit
- Spannungsschutz (500 V)
- elektromagnetische Verträglichkeit.

Technische Forderungen an den Feldbus hinsichtlich der Datenübertragung

a) allgemeine Forderungen
- bitserielle Übertragung (vorzugsweise Halbduplex und Basisband)
- kurze Telegramme
- niedrige Datenraten
- Beschränkung des Overheads auf ein Minimum
- Möglichkeit der ereignisorientierten Datenübertragung
- Möglichkeit des Querverkehrs
- Kommunikationsgrundformen:
  - eine Einheit an eine Einheit
  - eine Einheit an viele Einheiten (multicast, broadcast)
  - viele Einheiten an eine Einheit
- automatische Anpassung an die Konfiguration nach dem Einschalten
- geringer Bedarf an Softwaretransport (Übertragung von Konfigurationsdaten und Parametern)

b) Echtzeitforderungen
- Verweilzeiten der Kommunikationsförderungen: $T_V \leqq 5$ ms ... s (typisch: 50 ms)
- Alarmübertragung in maximal zulässiger Zeit: $T_V \leqq 5$ ms ... 50 ms
- Stellbefehlsübertragung in maximal zulässiger Zeit: $T_V \leqq 5$ ms ... 50 ms
- Gewährleistung der Einhaltung von Grenzverweilzeiten für T_V ($T_V \leqq T_{VG}$); daraus resultiert der Wunsch nach zentraler Bussteuerung und determinierten Zugriffssteuerverfahren
- Meß- und Stellsignale in Regelkreisen zeitlich äquidistant (und synchronisiert)

c) Zuverlässigkeitsforderungen
- extrem niedrige Übertragungsfehlerrate (mittlere Zeit zwischen 2 unentdeckten Fehlern ≧ 1000 Jahre)
- verfügbarkeitserhöhende Maßnahmen
  - einfache Redundanz
  - dynamische Rekonfiguration bei Teilausfällen, d. h. ausfalltolerante Strukturen
  - dynamische funktionsbeteiligte Redundanz mit mehr als 2 Kanälen
- Eigendiagnosefähigkeit
- dezentrale Bussteuerung, d. h. in jeder Feldbuseinheit ist Rechenzeit und Speicherraum für die Bussteuerung notwendig.

Technische Forderungen an den Feldbus hinsichtlich der Topologie

- maximale Teilnehmeranzahl: 1000
- Anzahl der Feldbuseinheiten pro Feldbusstrang: 32 ... 64
- hierarchische Struktur mit den Elementen
  - Linie
  - Ring
  - Stern
- Verlegeweiten a
  - typisch: a = 300 m
  - maximal: a = 1000 m
- Stichweglängen b: klein.

2.4. Schlußfolgerungen für die Entwicklung von Feldbussystemen

Schlußfolgernd ist festzustellen, daß den Bemühungen um die internationale Normung von Feldbussen größte Aufmerksamkeit zu schenken ist. Darüber hinaus sind aber große Anstrengungen zur Implementierung der in den Normen festgelegten Dienste mit den national verfügbaren technischen Mitteln (Schaltkreisbasis, Softwarevoraussetzungen) zu unternehmen.
Diese Kommunikationssteuerungsdienste sind relativ umfangreich und erfordern eine leistungsfähige Hardware- und Softwarebasis in den Feldbuseinheiten. Prinzipiell existieren folgende Möglichkeiten zur Implementierung der Kommunikationssteuerungsdienste:

- Nutzung der in den Feldbuseinheiten zur Informationsverarbeitung vorhandenen rechentechnischen Ressourcen (vornehmlich Einchipmikrorechner). Aufgrund des Umfanges der Kommunikationssteuerungsdienste ist diese Variante nur bei Verwendung sehr leistungsstarker Einchipmikrorechner sinnvoll.
- Benutzung von Einchipmikrorechnern als Buscontroller und Softwareimplementierung der Kommunikationssteuerungsdienste
- Verwendung spezieller Hardware-Buscontroller.
  Hierfür bieten sich wiederum drei Varianten an:
  - spezielle Hardware, aufgebaut aus handelsüblichen integrierten Schaltkreisen (schaltungstechnisch aufwendige Variante)
  - Verwendung von ASIC (aufwendig hinsichtlich der Entwicklung des speziellen ASIC)
  - Verwendung von speziellen monolithischen Buscontrollern (aufwendig hinsichtlich Entwicklung; sehr große Stückzahlen sind vorauszusetzen. Das erfordert zuvor eine durchgreifende Normung.)

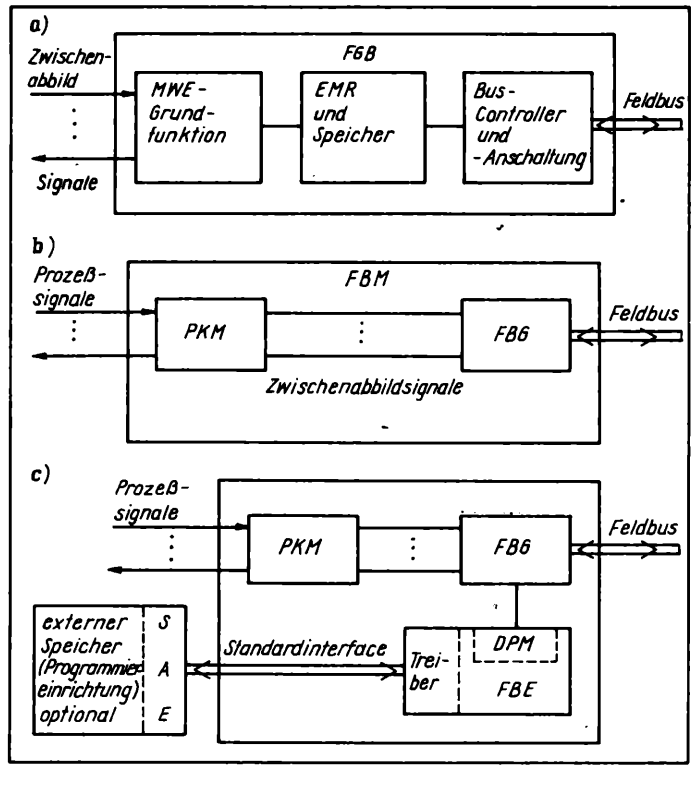
Es kann eingeschätzt werden, daß diese Varianten zeitlich in der angegebenen Reihenfolge realisiert werden.
Unabhängig von der Implementierungsform sind folgende komplexe Funktionen der Kommunikationssteuerung in den Schichten 1 und 2 zu realisieren:

- Sendesteuerung
- Empfangssteuerung
- Zugriffssteuerung
- Zeitüberwachung und Echtzeitsicherung.

Diese Funktionen werden virtuellen Maschinen zugeordnet, abstrakt formuliert und entsprechend der verwendeten Implementierungsform durch Software oder Hardware realisiert [49] und [50].
Ein weiterer wesentlicher Aspekt bei der Entwicklung von Feldbussystemen ist die Sicherung von Möglichkeiten zur freien Programmierbarkeit der Feldbuseinheiten. Sie hängt ab von

- der Leistungsfähigkeit und der Anzahl der in den Feldbuseinheiten verwendeten Mikroprozessoren
- dem Speicherausbau der Feldbuseinheiten
- der effektiven Gestaltung der Off-line-Programmierung im Hochsprachenniveau sowie des Programmladens.

Bild 8. Modulare Struktur der prozeßgekoppelten Feldbuseinheiten
a) Feldbusgrundmodul *FBG*; b) Feldbusmodul *FBM* zur Meßwerterfassung und/oder Stellwertausgabe; c) Feldbusstation *FBS* zur Regelung und Binärsteuerung
MWE Meßwerterfassung; *EMR* Einchipmikrorechner; *PKM* Prozeßkoppelmodul; *DPM* Zweitorspeicher; *FBE* Feldbuserweiterungsmodul (8-bit- oder 16-bit-Prozessor mit Speicher); *SAE* Speicheranschlußeinheit



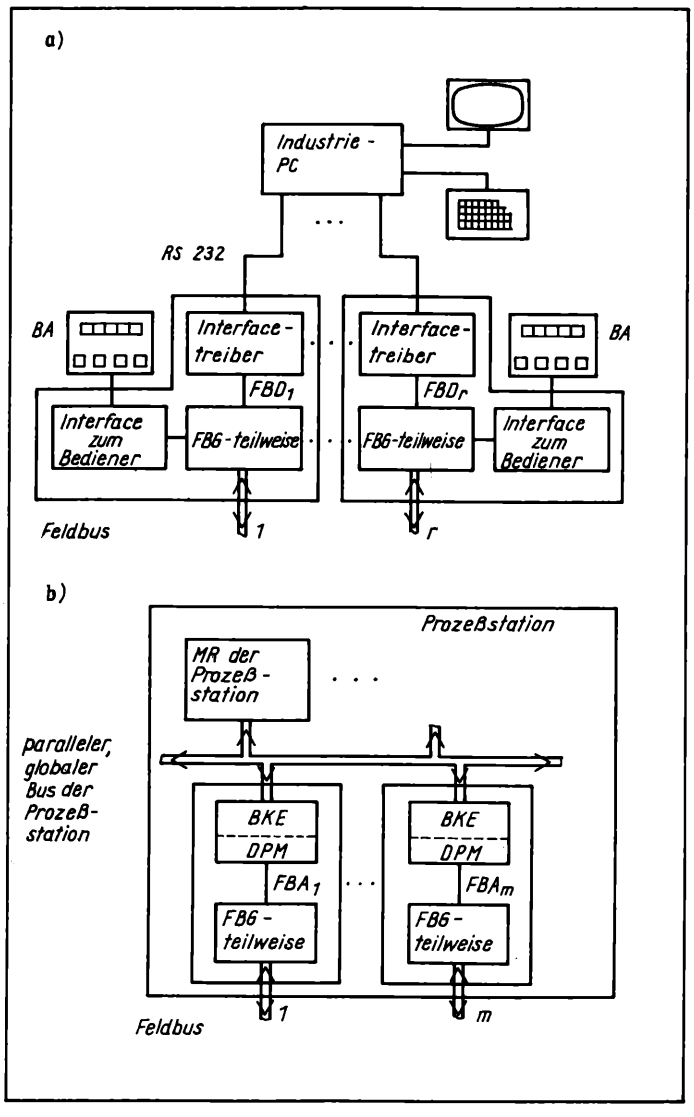


Bild 9. Anschluß der Feldbuszweige an die Leittechnik
a) Anschluß an dezentrale Leittechnik mittels Dialogeinheiten *FBD*; b) Anschluß an Prozeßstation mittels Feldbusanschaltung *FBA*
PC Personalcomputer; *FBD* Feldbusdialogeinheit; *FBG* Feldbusgrundmodul; *BA* Bedien- und Anzeigeeinheit; *BKE* Buskoppeleinheit; *DPM* Zweitorspeicher

Ebenso ist es sinnvoll und erforderlich, optional Industrie-PC in das Feldbussystem integrieren zu können.
Sie werden verwendet als

— Wartengerät (Bedienstation) für den autarken Einsatz des Feldbussystems
— als Service-, Inbetriebsetzungs- und Diagnosegerät für den unterlagerten Einsatz in komplexen Prozeßleitsystemen.

Aus den genannten Gesichtspunkten resultieren eine modulare Struktur der prozeßgekoppelten Feldbuseinheiten gemäß Bild 8 und die Anschließbarkeit universeller rechentechnischer Ressourcen an die Feldbuseinheiten bzw. der Anschluß des Feldbusses an das übergeordnete Prozeßleitsystem gemäß Bild 9. Aus der Sicht der breiten Anwendung von Feldbussystemen als unterlagerte Ebene von Prozeßleitsystemen, d. h. bei der Automatisierung komplexer technischer Anlagen mit teilweise hohen Echtzeitforderungen und hohen Anforderungen an die Instandhaltbarkeit (z. B. Kraftwerksautomatisierung) tritt eine Reihe von Problemen auf, deren Lösung unverzichtbar ist.

1. Datenstruktur
Es ist notwendig, sowohl eine Vereinheitlichung von Datenstrukturen im Feldbussystem und im übergeordneten Prozeßleitsystem als auch eine durchgängige Verwendung der definierten Datenstruktur bei der *Informationsverarbeitung* und der *Informationsübertragung* zu sichern. Dabei ist der Umfang der Datentypen aufgrund der zunehmenden Rechnerstützung von Tätigkeiten beim Betreiben der Anlagen erforderlich.
Solche Tätigkeiten sind:

— Prozeßüberwachung und -führung
— Systemüberwachung und -diagnose (Statusermittlung, Fehlererkennung und -lokalisierung)
— Systemeingriff (Konfigurierung und Parametereinstellung)
— Instandhaltung.

Zur Rechnerstützung dieser Tätigkeiten sind 3 Gruppen von Datentypen in einer verteilten Echtzeitdatenbasis (in der Ebene der Anwendungsprogramme) zu führen und ständig zu aktualisieren, wobei sehr unterschiedliche Aktualisierungszeiträume zur Anwendung kommen.
Datentypen [48]:

— prozeßbezogene Dateneinheiten
  Meßwerte, Zeitkennungen, Alarmstatus, Signalstatus, erreichter Zustand bei Abläufen
— automatisierungsanlagenbezogene Dateneinheiten
  Kennung für jedes angeschlossene Endgerät (Kanalnummer), Information zur örtlichen Lage, zu den Anschluß- und Umgebungsbedingungen des Gerätes, Zeitpunkt der letzten Instandhaltungsmaßnahme, notwendige Arbeitserlaubnisse bei Arbeiten am Endgerät
— gerätebezogene Dateneinheiten
  aktuelle Statusinformation (Betriebsbereitschaft/Störung, Automatisierungsfunktion Ein/Aus, Testfunktion Ein/Aus), aktueller Zustand der Abarbeitung der Automatisierungsfunktion, Kennliniencharakteristik, Parametersatz im Gerät, Anzahl und Typ der Eingänge und Ausgänge, Liste der Firmwarefunktionen, die konfiguriert werden können, mögliche Testroutinen, Herstellerangaben (Typschildinformationen, Spezifikationsangaben), gekürzte Befehle für den Handbetrieb, Verweise auf Servicehandlungen.

Für die genannten Dateneinheiten sind die Kodes des jeweiligen Datenkopfes und die Anzahl der Zeichen zur Darstellung der Dateneinheit im Datenblock des Telegramms festzulegen und die zugehörigen Dienste in der Schicht 7 (Anwendungsschicht) bereitzustellen (z. B. Einordnung in den Datentyp *Record* der Schicht 7).

2. Verteiltes Echtzeitbetriebsystem
Es ist davon auszugehen, daß die dezentralen Feldbuseinheiten zur verteilten Erfassung und Verarbeitung von Prozeßdaten eingesetzt werden und daß die Funktionen der Echtzeitverarbeitung für eine Prozeßgröße auf mehrere Funktionseinheiten aufgeteilt werden können (z. B. Meßwerterfassung im FBM, Meßwertverarbeitung und Stellwertausgabe in der FBS, Bild 3). Ein verteiltes Echtzeitbetriebssystem hat deswegen alle wesentlichen Dienste zur Abarbeitung lokaler Aufgaben, zur Synchronisation der Abarbeitung verschiedener lokaler Aufgaben in unterschiedlichen Einheiten und zur Kommunikation mit anderen Einheiten zu enthalten. Die Implementierung folgender Betriebssystemfunktionen ist sinnvoll [51]:

— Taskverwaltung (Erzeugen und Vernichten von Tasks)
— Speicherverwaltung (Anforderung und Rückgabe von Puffern)
— Synchronisation der Datenübertragung (Aussenden von und Warten auf Nachrichten)
— Zeitüberwachung
— Ereigniserkennung (Behandeln von Interrupts)
— Selbsterkennung und -einstellung der Feldbuseinheit
— Eigenüberwachung und Selbsttest
— Systemkommunikation (Statusmeldung an den Master, Speicherlesen und -schreiben durch den Master)
— Treiber für angeschlossene Geräte
— Steuerung der Datenübertragung über den Feldbus.

3. Ereignisorientierter Betrieb ausgewählter Feldbuseinheiten
Für die Mehrzahl der Anwendungen ist die zyklische Erfassung und Übertragung von Prozeß- und Statusinformationen an die Geräte des Mensch-Anlagen-Dialogs ausreichend. Somit können

diese Feldbuseinheiten als passive Teilnehmer deklariert werden und z. B. mit dem beim PROFIBUS vorgeschlagenen abfrageorientierten Zugriffsverfahren arbeiten.
Es gibt aber eine Reihe Anwendungen, bei denen der ereignisorientierte Betrieb mit hohen Echtzeitforderungen unabdingbar zu sichern ist.
Beispiele dafür sind:

- schnelle Binärsteuerungen und Regelungen, z. B. bei Sicherheitssystemen, bei Antriebsregelungen im Maschinenbau, in der Walzwerkstechnik
- zeitfolgerichtige Alarmerfassung mit hoher Auflösung (1 ms bis 10 ms Zwischenereigniszeit), z. B. bei der Kraftwerksautomatisierung
  Dabei ist davon auszugehen, daß die unterschiedlichen Alarme zwar in verschiedenen Feldbuseinheiten erfaßt werden können und dennoch in der Echtzeitdatenbasis zeitfolgerichtig einzuordnen sind.

Diese hohen Echtzeitforderungen zwingen zu ereignisorientiertem Betrieb mit extrem kurzen Verweilzeiten der Kommunikationsforderungen und zur Gewährleistung eines direkten Querverkehrs zwischen den Feldbuseinheiten. Wege zur Erfüllung dieser Forderungen sind:

- drastische Erhöhung der physikalischen Datenübertragungsgeschwindigkeit
- Wahl eines ereignisorientierten Zugriffsverfahrens (z. B. CSMA/CD) mit zusätzlichen Maßnahmen zur Gewährleistung der Einhaltung maximaler Verweilzeiten (statische und/oder dynamische Prioritäten für Alarme) [52].

Diese Möglichkeiten sind zu verbinden mit der Festlegung der alarmerfassenden Feldbuseinheiten als aktive Teilnehmer.

4. Flächendeckende Topologie

Eine wesentliche Bedingung für den Einsatz von Feldbussystemen in komplexen Anlagen ist eine gute Erreichbarkeit der Meß- und Stellorte durch gut projektierbare lokale Anordnung der Feldbuseinheiten, ohne dadurch zusätzliche topologische oder Echtzeitprobleme zu erzeugen. Ziel ist eine dezentralisierungsfreundliche Topologie.
Ansätze sind Matrixstrukturen [3] und [52] und vernetzte Ringstrukturen [53]. Diese topologischen Varianten haben den Vorteil, daß sie neben guter Dezentralisierbarkeit einen Aufbau von Feldbussystemen mit funktionsbeteiligter Redundanz erlauben, die zur Verbesserung sowohl des Echtzeitverhaltens als auch des Zuverlässigkeitsverhaltens eingesetzt werden kann.

Literatur

[1] Götz, E.: Erfahrungen bei der Produktionsleittechnik mit geschlossenen und Ausblick auf offene Kommunikationssysteme. In: Fachberichte Messen, Steuern, Regeln. Band 14 (INTERKAMA 1986). Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1986.

[2] Rühle, W.; Heiler, K. U.: Der Feldbus, ein Realisierungskonzept für einheitliche Kommunikationsschnittstellen und -protokolle digitaler Feldgeräte. In: Fachberichte Messen, Steuern, Regeln. Band 14 (INTERKAMA 1986). Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1986.

[3] Neumann, P.: Auslegung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen unter dem Echtzeit- und Zuverlässigkeitsaspekt. msr, Berlin 30 (1987) 2, S. 68—74.

[4] Wood, G. G.: Fieldbus, A Developing Low Level Industrial LAN Standard. Vortrag EFOC-LAN 86-Conference, Amsterdam 1986.

[5] Suppan-Borowka, J.; Simon, T.: MAP. Datenkommunikation in der automatisierten Fertigung. Pulheim: DATACOM Buchverlag 1986.

[6] Conrads, D.; Demmelmeier, F.; Halling, H.; Ries, W.; Walze, H.; Zwoll, K.: Serielle Busse. Neue Technologien, Standards, Einsatzgebiete. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH 1987.

[7] Kaminsky, M.: Manufacturing Automation Protocol (MAP), der Weg zur offenen Kommunikation in der Fertigungsindustrie. In: Fachberichte Messen, Steuern, Regeln. Band 14 (INTERKAMA 1986). Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1986.

[8] Sawatzky, J.: Bussysteme in Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. Reihe Automatisierungstechnik, Heft 16. Betriebssektion der KDT des VEB GRW Teltow, 1987.

[9] Färber, G.: Bussysteme. Parallele und serielle Bussysteme in Theorie und Praxis. München/Wien: R. Oldenbourg Verlag 1984.

[10] Butscher, B.: Open System Interconnection — ein konsequenter Weg zu offenen Systemlösungen. Vortrag zum MAP-Workshop „Technische Kommunikation in der Fertigungstechnik". 25. bis 26. November 1986. Berlin (West).

[11] Büsing, H.: Datenkommunikation in der Leittechnik — Fortschritte in der Normung. atp 28 (1986) 5, S. 228—236.

[12] Löffler, H.: Lokale Netze. Berlin: Akademie-Verlag 1987.

[13] Büsing, W.: MAP für die Prozeßleittechnik: Die Herausforderung bleibt. atp 29 (1987) 10, S. 457—462.

[14] Kriesel, W.: Weiterentwicklung von Mikrorechner-Automatisierungssystemen unter dem Einfluß lokaler Netze (LAN). msr, Berlin 29 (1986) 1, S. 10—14.

[15] Sawatzky, J.: Dimensionierung von Bussystemen in Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. msr, Berlin 30 (1987) 4, S. 166—169.

[16] Walze, H.: Realzeitspezifische Anforderungen und Lösungsmerkmale für Prozeßdatenbusse und lokale Netzwerke (LAN). rtp 25 (1983) 6, S. 215—219.

[17] Bärenreuther, B.: Mit LAN über MAP zu integrierten Produktionssystemen. atp 29 (1987) 10, S. 462—470.

[18] Dieterle, G.: Der Weg zu MAP und TOP. atp 28 (1986) 4, S. 162 bis 168.

[19] Pfeifer, T.; Rühle, W.: Derzeitige Situation und Chancen von MAP. atp 28 (1986) 3, S. 109—116.

[20] The Ethernet. A Local Area Network. Data Link Layer and Physical Layer Specification. Digital Equipment Corporation, Intel Corporation, Xerox Corporation, 30. September 1980. Version 1.0 („Blue Book").

[21] IEC TC 65: Process Data Highway (PROWAY) for distributed Process Control Systems.
Part 1: General Description and Functional Requirements (CO, Dezember 1982)
Part 2: Specification for Highway-User-Interface Logical (CO, Juni 1984)
Part 3: Specification of Highway Protocol Definition (Sec., November 1982).

[22] DIN 19241 Bitserielles Prozeßbusschnittstellensystem. Teil 1, 2 (Teil 3, Entwurf).

[23] ZI-ASUTP Normativmaterial, Interface für linienförmige Kopplung von Rechnern und Prozeßperipherie mit serieller Informationsübertragung — IFLS. Mehrseitige Regierungskommission (MRK) für Rechentechnik.

[24] Trilling, H.: Intelligente Meßumformer. Heutiger Stand. Erfahrungen, Anforderungen. atp 29 (1987) 5, S. 200—205.

[25] Schwaier, A.: Intelligente Meßumformer. Bericht über ISA '86. atp 29 (1987) 5, S. 213—222.

[26] Bradshaw, A. T.: Smart Pressure Transmitter. Measurement and Control 17 (1984), S. 353—357.

[27] Braschel, R.; Kellner, H.: Einsatzmöglichkeiten des PCs in der Meßtechnik. VDI-Bericht 566, S. 63—75. Düsseldorf: VDI-Verlag 1985.

[28] Breimesser, F.: Zuverlässigere Meßeinrichtungen durch Eigentest und automatische Korrektur. VDI-Bericht 566, S. 353—364. Düsseldorf: VDI-Verlag 1985.

[29] Pfleger, J.: Anforderungen an Feldmultiplexer. atp 29 (1987) 5, S. 205—209.

[30] INTERBUS Feldmultiplexer. Der schnelle Draht für digitale und analoge Prozeßsignale mit dem Industrie-Bitbus. Firmenschrift 76/87 Phoenix Contact, 1987.

[31] Güttler, F.: Feldbussystem für die Kleinautomatisierung. Computer- und Mikroprozessortechnik '87. Kurzfassungen S. 53—54, Magdeburg 1987.

[32] INTERBUS-C. Der industrielle Bitbus ... das Remote I/0 für alle Industrie-Computer. Firmenschrift 74/87 Phoenix Contact, 1987.

[33] Microcontroller Handbook. Santa Clara: Intel Corp., 1985.

[34] Distributed Control Modules Databook. Swindon: Intel Corp., 1986.

[35] Bitbus Monitor User's Guide. Firmenschrift 148686-001, Intel Corp., 1986.

[36] INTERBUS-S. Das schnelle E/A-System für Siemens-SIMATIC-S5-Steuerungen: 115 U, 130 WB, 135 U, 150 S, 150 U ... die Alternative zu zentnerschweren Kabelbäumen. Firmenschrift 75/87 Phoenix Contact.

[37] PROCONTIC-Zubringerbus ZB 10. Firmenschrift DAT 160687 D, BBC, 1987.

[38] Laumann, G.; Brickwede, A.: Integration von schneller Steuerung und Regelung, Verfahrens- und Antriebsleittechnik im Industrieleit-

system PROCONTROL I. Vortrag zur INTERKAMA Düsseldorf 1986.
[39] FRÜH, K. F.: Systemporträt Damatic XD von Valmet. atp 29 (1987) 8, S. 367—369.
[40] PDL 1000. Process Data Link System. Firmenschrift Philips Industrial Automation, 1984.
[41] ASEA Master. The ASEA Master System in brief. Firmenschrift A07-6054 E, ASEA, 1986.
[42] Logistat CP 80-modular. Das universelle Automatisierungssystem für mittlere und große Aufgaben. Programmübersicht. Firmenschrift A 91 V.01-234403.01, AEG, 1987.
[43] IPC 620 Automatisierungssystem. Firmenschrift D 8605114, Honeywell IPC, 1986.
[44] Prozeßkommunikation mit dem Feldbus SUCONET. Firmenschrift W 27-7132, Klöckner-Moeller, 1987.
[45] PROFIBUS. Process Field Bus, Teil 1: Übertragungstechnik, Buszugriffs- und Übertragungsprotokoll, Dienstschnittstelle zur Anwendungsschicht, Management. DIN V 19245. Teil 1, 1988.
[46] ISO/DP 7498. Information Processing Systems. Open Systems Interconnection. Basic Reference Model. ISO/TC 97/sc 16 N 890, 1982.
[47] BENDER, K.: Industrielle Kommunikation. Bericht über das deutsche Feldbus-Verbundprojekt. Kolloquium INFINA/87, Universität Karlsruhe, 1987.
[48] Field Bus Standard for Use in Industrial Control Systems. Functional Requirements. Draft Paper IEC/TC 65 C (Secretariat) S9, 1986.
[49] FENGLER, W.; STREUBEL, U.; HIRT, N.: Mehrschichtenmodell des Process-LAN ISB 881. Fachtagung „Computer- und Mikroprozessortechnik '87". Kurzfassungen S. 54—55, Magdeburg 1987.
[50] IWANITZ, F.: Schnittstellenlösungen für ein Feldbussystem. Diplomarbeit D 87/423, TU Magdeburg, 1988.
[51] BAUMECKER, D.: Verteiltes Echtzeitbetriebssystem. In: NEUMANN, P. u. a.: Technische Konzeption des audatec-Feldbussystems. Forschungsbericht S9/301/87. TU Magdeburg, 1987.
[52] NEUMANN, P.; DÄHMLOW, B.; ECKSTÄDT, A.: Auswirkungen moderner Prinzipien der Gestaltung von Datenübertragungssystemen auf das Zeitverhalten von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. msr, Berlin 30 (1987) 4, S. 170—176.
[53] KRIESEL, W.: Feldbusnetz für Automatisierungssysteme mit intelligenten Funktionseinheiten. msr, Berlin 30 (1987) 11, S. 486—489.

H. E. Albrecht, W. Fuchs, K. Hübner, R. Kramer, W. Kröger

Laser-Anemometrie

0. Einleitung und Grundlagen der optischen Geschwindigkeitsmessung

Die direkte Geschwindigkeitsmessung basiert darauf, daß entsprechend der Definition der Geschwindigkeit

$$\vec{v} = \frac{\vec{\Delta s}}{\Delta t} \tag{1}$$

die Laufzeit Δt gemessen wird, die ein Objekt benötigt, um eine vorgegebene kalibrierte Meßstrecke zu durchlaufen. Die Richtung des Vektors ergibt sich aus der Reihenfolge, in der die Meßstreckenbegrenzungen durchlaufen werden. Der so bestimmte Meßwert ist bezüglich der Meßstrecke ein räumlicher und bezüglich des Momentanwerte-Zeitverlaufes der Geschwindigkeit ein zeitlicher Mittelwert.

Optische Meßverfahren nutzen die Streuung und/oder Beugung optischer Inhomogenitäten, z. B. von der Strömung mitgeführter Streuteilchen mit Durchmessern von 0,5 ... 50 µm oder der Oberflächenrauhigkeit fester Oberflächen, an optisch gesetzten Begrenzungen für die Meßstrecke. Dabei kann es sich um eine reale oder virtuelle Meßstrecke handeln. Wesentlich ist, daß sie aus der Sicht des optoelektronischen Empfängers existiert. Grundlage für die Ausblendung einer Meßstrecke im Raum ist die Raumfiltereigenschaft von Blendensystemen mit mindestens zwei Blenden. Die nach diesem Prinzip einfachste Anordnung ist im Bild 1 a dargestellt. Der optische Empfänger nimmt nur so lange das Streulicht der vom Fluid mitgeführten Partikel auf, solange sich diese in dem von den Raumfilterblenden ausgeblendeten auf die Empfängeroberfläche scharf abgebildeten Meßvolumen befinden. Zur Streulichtanregung ist in der Regel eine Beleuchtungsquelle notwendig. Eine derartige einfache Meßanordnung erfordert ein Meßvolumen in Form eines Zylinders. Die Richtung der Geschwindigkeit bleibt dabei unbestimmbar.

Durch Einblenden einer räumlich orientierten flächenhaften, im Grenzfall linienhaften, kalibrierbaren Meßstreckenbegrenzung ist die Bestimmung des Geschwindigkeitsvektors nach Betrag und Richtung möglich. Da für die Zuordnung von Laufzeit und Meßstrecke ausschließlich das im Empfänger vorliegende Ergebnis von Bedeutung ist, ist es gleichgültig, an welcher Stelle die Meßstreckenbegrenzung in den optischen Weg eingeblendet wird.

Es bieten sich folgende Möglichkeiten:

— Verwendung von Gitterstrukturen
  - Einblenden eines Gitters der Gitterkonstanten Δx in den Beleuchtungsstrahl und Abbilden des Gitters in das Meßvolumen (Bild 1 b)
  - Einblenden des Gitters in den Empfangsweg zwischen Streulichtquelle und Empfängeroberfläche und Abbilden des Git-

Prof. Dr. sc. techn. HEINZ-EBERHARD ALBRECHT (52) studierte von 1955 bis 1962 an der TU Dresden und war anschließend bis 1964 dort Assistent am Institut für Allgemeine Elektrotechnik. Von 1964 bis 1971 am Institut für Allgemeine Elektrotechnik bzw. an der Sektion Technische Elektronik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock tätig. 1970 Promotion A. Von 1971 bis 1972 Industrietätigkeit. 1973 Berufung zum Hochschuldozenten, von 1974 bis 1980 Leitungstätigkeit. 1983 Promotion B (Laser-Doppler-Anemometrie). 1985 Berufung zum Professor.

Dr.-Ing. WERNER FUCHS (33) studierte von 1976 bis 1980 Technische Kybernetik und Automatisierungstechnik an der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock. Danach dort Forschungsstudent. 1984 Promotion A (Informationsverarbeitung des Laser-Doppler-Anemometers). Von 1984 bis 1986 Industrietätigkeit im VEB Kombinat Schiffbau, Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam. Seit 1986 wissenschaftlicher Assistent an o. g. Universität, Sektion Technische Elektronik (Weiterentwicklung der LDA-Gerätetechnik).

Dipl.-Ing. KLAUS HÜBNER (27) studierte von 1981 bis 1983 Informationstechnik an der TH Ilmenau und von 1983 bis 1986 Technische Kybernetik und Automatisierungstechnik an der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock. Seit 1986 dort Forschungsstudent an der Sektion Technische Elektronik (Laserströmungsmeßtechnik).

Dipl.-Ing. RAINER KRAMER (29) studierte von 1980 bis 1985 Technische Kybernetik und Automatisierungstechnik an der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Technische Elektronik. Seit 1985 dort Forschungsstudent (Laserströmungsmeßtechnik).

Dr.-Ing. WILLFRIED KRÖGER (34) studierte von 1974 bis 1978 Technische Kybernetik und Automatisierungstechnik an der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock. Von 1978 bis 1980 wissenschaftlicher Assistent und seither Ingenieur für Forschung und Lehre an der dortigen Sektion Technische Elektronik (Laserströmungsmeßtechnik). 1984 Promotion A (Signalverarbeitung des Laser-Doppler-Anemometers).

ters auf die Empfängeroberfläche (virtuelle Meßstrecke, Bild 1c) Im Grenzfall kann sich das Gitter direkt auf der Empfängeroberfläche befinden oder die Empfängeroberfläche als Gitterstruktur ausgebildet sein (faseroptischer Sensor [2], CCD-Zeile [1]).

In beiden Fällen ergibt sich im Zeitbereich ein Impuls mit einer eingeschriebenen Frequenz, die direkt der Geschwindigkeit proportional ist

$$v = \frac{\Delta x}{T} = f_D \cdot \Delta x \,. \tag{2}$$

Ordnet man zwei Schwingungsmaxima im Bereich des Impulses die Eigenschaften von Start- und Stoppimpuls zu, dann läßt sich eine definierte Meßstrecke mit einer Ausdehnung $\Delta x \leqq \Delta s \leqq \leqq N \cdot \Delta x$ abstecken. Die Periodizität des Signals kann vorteilhaft für die Signalerkennung genutzt werden. Darüber hinaus ist unter bestimmten Bedingungen eine Signalauswertung im Frequenzbereich möglich.

— Verwenden von nur zwei Gitterlinien
Dies ist das Prinzip einer einfachen Lichtschrankenanordnung. Auch in diesem Fall gibt es zwei Möglichkeiten:
- Einblenden der Gitterlinien in den Beleuchtungsstrahl und Abbilden in das fixierte Meßvolumen (reale Meßstrecke, Bild 1d)
- Einblenden der Gitterlinien in den Empfangsweg und Abbilden auf die Empfängeroberfläche (virtuelle Meßstrecke, Bild 1e). Die Signalauswertung ist nur im Zeitbereich möglich.

Die geschilderten Meßanordnungen können als Durchlicht- oder Rückstreuverfahren betrieben werden. Zur Beleuchtung können kohärentes und inkohärentes Licht dienen.
Die Besonderheit der optischen Geschwindigkeitsmessung besteht darin, daß die Meßstrecke Δs in der Größenordnung 1 ... 1000 Laserwellenlängen liegt. Unter diesen Bedingungen muß bei der Messung unter Umständen in umgekehrter Reihenfolge als beschrieben verfahren werden; die Länge der Meßstrecke muß einer für den Meßprozeß erforderlichen Mindestmeßzeit angepaßt werden. Diese Verfahrensweise ergibt sich unmittelbar aus der immer digitalen Zeitmessung, die mit der Unsicherheit des Bit-Fehlers behaftet ist. Will man den einzelnen Geschwindigkeitswert z. B. auf 1% genau messen, dann muß man die Meßstrecke so wählen, daß mindestens 100 Impulse zur Zeitmessung erforderlich sind.
Zwei Verfahren haben sich im Bereich der Forschung und Entwicklung als besonders leistungsfähig erwiesen, das Laser-Doppler-Verfahren und das Laser-Laufzeit-Verfahren. Das Laser-Doppler-Verfahren nutzt die kohärente monochromatische Strahlung des Lasers, um entweder in dem durch die Raumfilterblenden fixierten Meßvolumen ein räumliches Interferenzfeld zu erzeugen (Zweibeleuchtungsstrahlverfahren) oder durch Überlagerung eines Laserstrahles mit dem während des Teilchendurchtrittes durch das Meßvolumen emittierten Streulicht ein Interferenzfeld auf der Empfängeroberfläche zu erzeugen (Referenzstrahlverfahren).
Das Laser-Laufzeit-Verfahren nutzt die optischen Eigenschaften des Laserstrahles, um in einem begrenzten Bereich des Raumes eine Meßstrecke nach dem Prinzip einer Lichtschranke aufzubauen.
Beide Verfahren basieren auf dem Abtastprinzip. Der Momentanwerte-Zeitverlauf der Strömungsgeschwindigkeit wird durch die von der Strömung mitgeführten Teilchen, für die man schlupfloses Folgen voraussetzt, stochastisch abgetastet. Kann schlupfloses Folgen nicht vorausgesetzt werden, ist eine Korrektur der Meßwerte notwendig [3]. Die Signalverarbeitung hat damit ein geradezu klassisches Problem zu lösen, entweder aus den stochastisch anfallenden Meßwerten für die Informationsgewinnung eine geeignete Auswahl zu treffen oder bei geringem Teilchendurchsatz alle Meßwerte für die Informationsgewinnung zu nutzen. Dabei muß berücksichtigt werden, daß der Teilchendurchsatz geschwindigkeitsabhängig ist, hohe Geschwindigkeiten im Meßwertangebot also überbewertet werden, so daß deshalb unter Hinzunahme von A-priori-Informationen über die Strömung eine „strömungsbezogene Informationsgewinnung" vorgenommen werden muß.
Die Strömungsmeßtechnik kann die

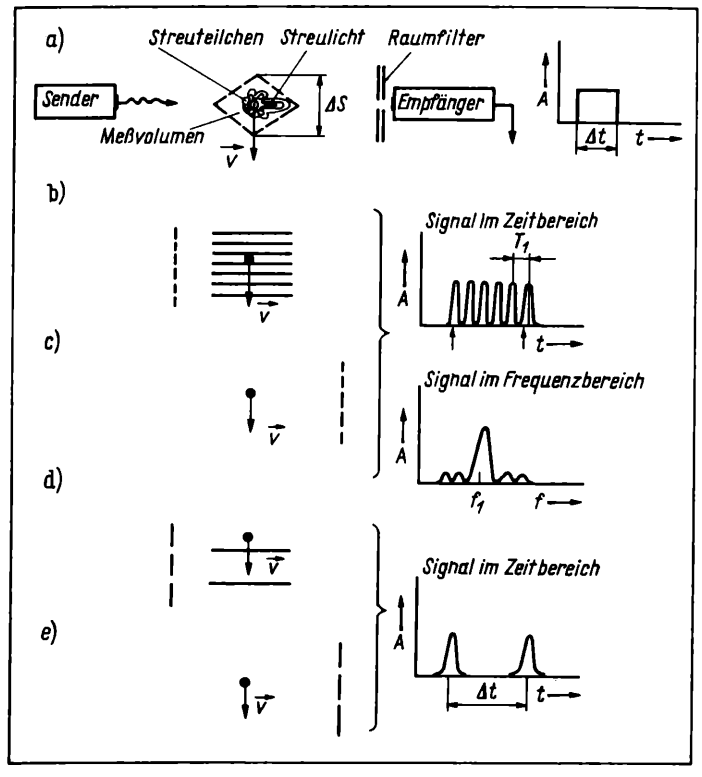


Bild 1. Prinzip optischer Strömungsmeßverfahren

— Rekonstruktion des Momentanwerte-Zeitverlaufes der Geschwindigkeit in einem Meßpunkt
— Bestimmung des Frequenz- oder Wellenlängenspektrums
— statistische Beschreibung der Strömung durch die Mittelwerte der Strömungsgeschwindigkeitskomponenten sowie die Elemente des Reynoldsschen Spannungstensors

zum Ziel haben.
Die differenzierten Meßregime beim Laser-Doppler-Verfahren und beim Laser-Laufzeit-Verfahren erfordern eine verfahrensspezifische Meßwertverarbeitung und Informationsgewinnung.

1. Laser-Doppler-Verfahren

Die Verwendung von monochromatischem kohärentem Licht führt beim Laser-Doppler-Anemometer (LDA) im Schnittpunkt der Strahlen zu einem räumlichen Interferenzfeld (Bild 2a) mit einem Interferenzflächenabstand

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2 \sin \Theta/2} \tag{3}$$

als Gerätekonstante. Aufgrund der Gaußschen Intensitätsverteilung innerhalb des Laserstrahles ergibt sich das aus dem e^{-2}-Abfall der Intensität definierte Meßvolumen als Ellipsoid mit den Abmessungen

$$a = \frac{d}{2 \cos \Theta/2}, \qquad b = \frac{d}{2}, \qquad c = \frac{d}{2 \sin \Theta/2} \tag{4}$$

d Durchmesser der Strahltaille
als eigentlicher Sensor (Bild 2b). Teilchen, die durch das Meßvolumen hindurchtreten, erzeugen einen „Doppler-Burst", dessen Modulationsgrad

$$m = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \tag{5}$$

vom Durchtrittsort des Teilchens durch das Meßvolumen abhängig ist. Grundvoraussetzung für die Funktionstüchtigkeit des Sensors ist die Parallelität der Interferenzflächen. Dies erfordert ebene Wellenfronten des Laserstrahles im Bereich des Meßvolumens und damit die Abbildung der Lasertaille in den Schnittpunkt der Laserstrahlen.
Die minimale Ausdehnung der Meßstrecke ergibt sich aus Δx nach

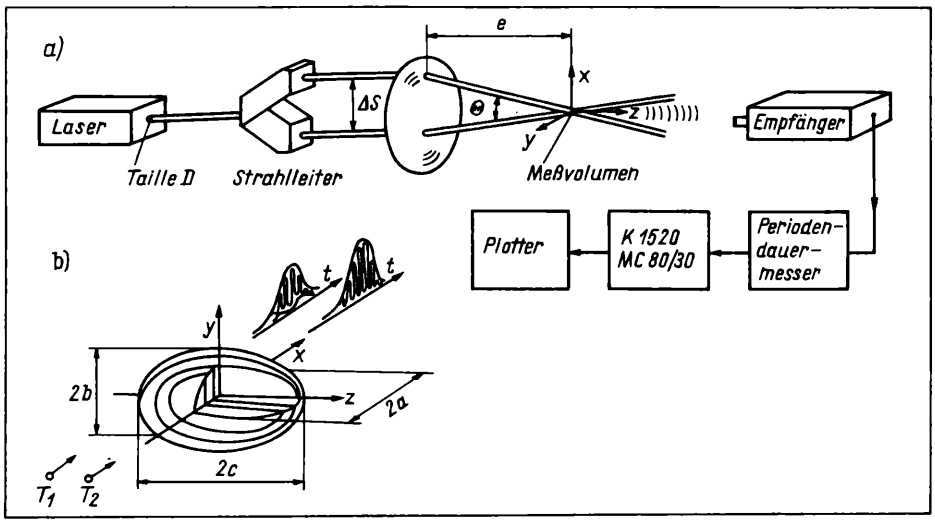


Bild 2. Prinzip des Laser-Doppler-Anemometers
Unter a) muß es korrekt heißen: Strahlteiler; e ist durch f (Brennweite) zu ersetzen.

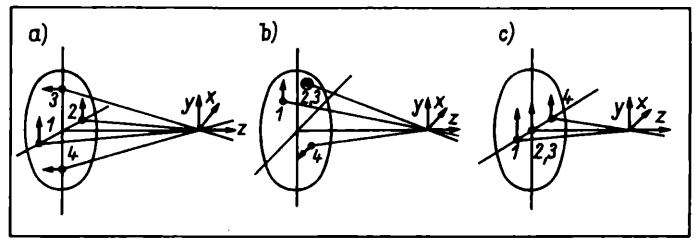


Bild 3. Strahlanordnungen für die simultane Zweikomponentenmessung [3]
a), b) Messung von v_x und v_y; c) Messung von v_x und v_z

(3) in der Größenordnung der Laserwellenlänge; die maximale Ausdehnung aus der Volumenabmessung $2a$ (4), die im wesentlichen durch den Strahldurchmesser d im Schnittpunkt der Laserstrahlen bestimmt wird. Übliche Werte für die Lasertaille liegen im Bereich $D = 0{,}8 \ldots 1{,}6$ mm. Durch die Abbildung der Lasertaille in den Schnittpunkt der Strahlen kann die Strahltaille den Erfordernissen des Meßproblems angepaßt werden. Mit der Brennweite f der Sendeoptik ergibt sich

$$d = \frac{4}{\pi} \frac{\lambda \cdot f}{D}. \tag{6}$$

Mit dem Laser-Doppler-Anemometer ist eine berührungslose quasipunktförmige Strömungsmessung möglich. Die flächenhafte Meßstreckenbegrenzung hat den Vorteil, daß Turbulenzen bis zu einem vom Meßsystem abhängigen Anströmwinkel zu auswertbaren Meßwerten führen [11]. Kritische Volumenabmessung ist die Länge des Meßvolumens $2c$. Bei Verwendung kompakter Linsensysteme ist der Strahlabstand Δs durch die Abmessungen des Linsensystems begrenzt. Dadurch sind bei großen Brennweiten ($f = 1 \ldots 2$ m) nur relativ lange Meßvolumina möglich

$$\frac{a}{c} = \tan \Theta/2 = \frac{\Delta s}{2f}. \tag{7}$$

Kleine Meßvolumina in relativ großen Abständen von der Sendeoptik erfordern, um den notwendigen Strahlabstand zu realisieren, getrennte Linsensysteme für beide Strahlen [4] und [6]. Optische Probleme ergeben sich bei Messungen in engen Kanälen bzw. in Maschinen, bei denen es aufgrund der Kanalbreite nicht möglich ist, den für das problemangepaßte Meßvolumen erforderlichen Schnittwinkel einzustellen. Bisherige Entwicklungen weisen Optiken mit Meßvolumenabmessungen im Mikrometerbereich für Messungen in Kapillaren [4], Optiken für Messungen in mehr als 100 m Abstand von der Sendeoptik für Messungen im freien Raum [6], Optiken mit relativ langen Meßvolumina für Messungen an bewegten Festkörperoberflächen [7] und anpassungsfähige faseroptische Systeme [5] auf. Ein umfassendes kommerzielles Angebot an Sendeoptiken erlaubt weitgehend problemangepaßte Lösungen (*DANTEC* [5], *TSI* [9]). In Tafel 1 sind die Daten ausgewählter Sendeoptiken zusammengestellt.

Drehbare Einkomponentenoptiken ermöglichen eine serielle Messung der Strömungskomponenten in ebenen Feldern [8] und [14]. Mit drei räumlich unabhängig voneinander orientierten Interferenzfeldern ist eine simultane Dreikomponentenmessung realisierbar. Bild 3 zeigt prinzipielle Anordnungen zur Messung von zwei Komponenten. Die Entkopplung der Interferenzfelder kann durch Verwendung unterschiedlicher Polarisation, unterschiedlicher Laserwellenlängen (Farben) oder durch unterschiedliche Frequenzshiftung in den Interferenzfeldern (Übergang von einem ruhenden zu einem mit der Referenzgeschwindigkeit v_s laufenden Interferenzfeld) erreicht werden. Praktisch realisierte Meßsysteme zur simultanen Dreikomponentenmessung werden auf der Basis von 6 Strahlen von *DANTEC* [5] und auf der Basis von 5 Strahlen von *TSI* [9] angeboten. Es läßt sich zeigen, daß drei geeignet angeordnete Strahlen der optisch minimale Aufwand für eine simultane Dreikomponentenmessung sind [10]. Damit steht der Entwickler von simultanen Dreikomponentensystemen vor der Alternative von erhöhtem optischem oder elektronischem Aufwand.

Die Elektronik hat beim LDA drei Aufgaben zu erfüllen — Doppler-Signale zu erkennen, die Signale auf ihre Verwendbarkeit zu prüfen und bei positivem Entscheid auszuwerten. Im Bild 4 sind die Auswertemöglichkeiten schematisch erfaßt. Vom Fotoempfänger wird verlangt, daß er die einfallenden optischen Signale adäquat in elektrische Spannungen abbildet. Zur Verbesserung der Signalqualität wird dem Fotoempfänger in der Regel ein Filter mit entsprechend der Geschwindigkeit einstellbaren Bandpässen nachge-

Tafel 1. Übersicht über Beispiele realisierter LDA-Meßplätze

$\Theta/2$	Δs	d	f	λ	Δx	a	b	c	N	l	
1°	mm	µm	mm	nm	µm	µm	µm	µm		mm	
33,8	80	5,2	50	632,8	0,57	3,2	2,6	4,7	11	60	b [4]
10,35	95	78	260	632,8	1,76	39,5	39,5	215	46	260	a [3]
3,63	39	160	600	514,5	4,0	80	80	1250	40	600	a [5]
0,22	813	2000	2250	514,5	67	1000	1000	$2{,}6 \cdot 10^5$	30	$106 \cdot 10^3$	b [6]
3,8	8	—	—	632,8	4,77	80	80	1200	33	570	a [5]
0,28	10	800	—	632,8	63,6	400	400	$8 \cdot 10^4$	12	10^3	a [7]

a Kompaktoptik; b getrennte Linsensysteme

schaltet, im einfachsten Fall genügt zur Unterdrückung des Gleichanteiles ein Hochpaßfilter. Ist das Signal im Rauschen nicht zu erkennen, ist der Einsatz von Korrelatoren, im Grenzfall Photonenkorrelatoren, unumgänglich. Für eindeutig erkennbare Periodizität im Korrelogramm genügen 10 bis 100 Photonenimpulse je Doppler-Schwingung. Im Grenzfall kann die Signalfrequenz noch bei 3 Photonen pro Schwingung mit etwa 1 % Genauigkeit ermittelt werden [18]. Die Signalauswertung selbst kann hardware- oder softwaregestützt im Zeit- oder Frequenzbereich erfolgen. Softwaregestützte Signalauswertung erfordert qualitativ gute Signale, die als ganzer Doppler-Burst oder Teil eines Doppler-Bursts mit einem Eventoskop abgespeichert werden. Dazu werden Transientenspeicher mit Grenzfrequenzen bis zu 500 MHz eingesetzt [12]. Auf der Grundlage der abgespeicherten Signale kann softwaregestützt eine Signalanalyse im Zeit- oder Frequenzbereich (Fourier-Analyse) vorgenommen werden, wobei sich die Ermittlung der Periodendauer des abgespeicherten Signals als günstig erwiesen hat [15].

Die hardwaregestützte Signalauswertung setzt im Frequenzbereich Phasen- und Frequenzregelschleifen (Tracker) sowie Spektralanalysatoren und im Zeitbereich Periodendauermesser (Counter) ein. Der Vorteil der Periodendauermesser besteht darin, daß im Zeitbereich einzelne Bursts verarbeitet werden können.

Ziel der Signalanalyse ist die Informationsgewinnung aus dem Einzelsignal (Burst) bzw. einem Signalzug zur Bereitstellung eines repräsentativen Geschwindigkeitswertes für das Abtastintervall.

Ein Verfahren, das gestellte Genauigkeitsanforderungen für den einzelnen Meßwert bis zu hohen Geschwindigkeiten sichert, ist die Signalauswertung im Periodendauermesser mit kontinuierlichem Periodizitätstest. Die Signalerkennung erfolgt durch Amplitudenschwelle mit Test auf Periodizität aufeinanderfolgender Perioden im Rahmen einer vorgegebenen Genauigkeit (Bild 5) [13] und [17]. Über eine geforderte Mindestperiodenzahl erlaubt diese Verfahrensweise eine Mindestmeßzeit und damit eine Mindestmeßstrecke einzustellen, so daß ein für den einzelnen Meßwert geforderter Fehler nicht überschritten wird. Im Bild 5 ist das Prinzip dargestellt. Die Nulldurchgänge werden unter Beachtung des durch Rauschen möglichen Versatzes im Rahmen der vorgegebenen Genauigkeit detektiert; die Anzahl der detektierten Perioden N und die dazugehörige Zeit Δt_N werden registriert. Das Signal wird bis zum Abbruch durch Überschreiten des vorgegebenen zulässigen Vergleichsfehlers ausgewertet. Durch Voraussetzen einer Mindestperiodenzahl N_{min} können Signale, die den Mindestanforderungen an das Einzelsignal nicht genügen, ausgesondert werden.

Die folgende Rechnung soll verdeutlichen, wie Optik und Elektronik aneinander angepaßt werden können.

Strömung:

Es soll eine Strömung mit maximalen Geschwindigkeiten von $v = 10$ m/s mit einer Genauigkeit von $\Delta v/v \leqq 1\%$ gemessen werden.

Elektronik:

Es wird ein Taktgenerator mit einer relativ niedrigen Taktfrequenz $f_T = 15$ MHz ($T_T = 66$ ns) verwendet. Unter der Bedingung $\varepsilon \leqq 6\%$ sind $\Sigma T_T/T_T \geqq 2^4$ Takte für eine Periode erforderlich. Aus dem Bit-Fehler resultiert bei der geforderten Genauigkeit eine notwendige Meßzeit $\Delta t_T \geqq 100 T_T$; die Mindestperiodenzahl beträgt $N_{min} = 100/16 \approx 7$ Perioden.

Tafel 2. Mindestmeßstrecken bei einem LDA für $\Delta v/v \leqq 1\%$

Vergleichseinheit N	Mindestmeßstrecke $\Delta s_{min}/\mu m$	Grenzgeschwindigkeit ($\Delta v/v \leqq 1\%$) m/s
1	12,6	1,7
2	25,2	3,4
4	50,4	6,8
.	.	.
.	.	.
.	.	.
8	100,8	13,6

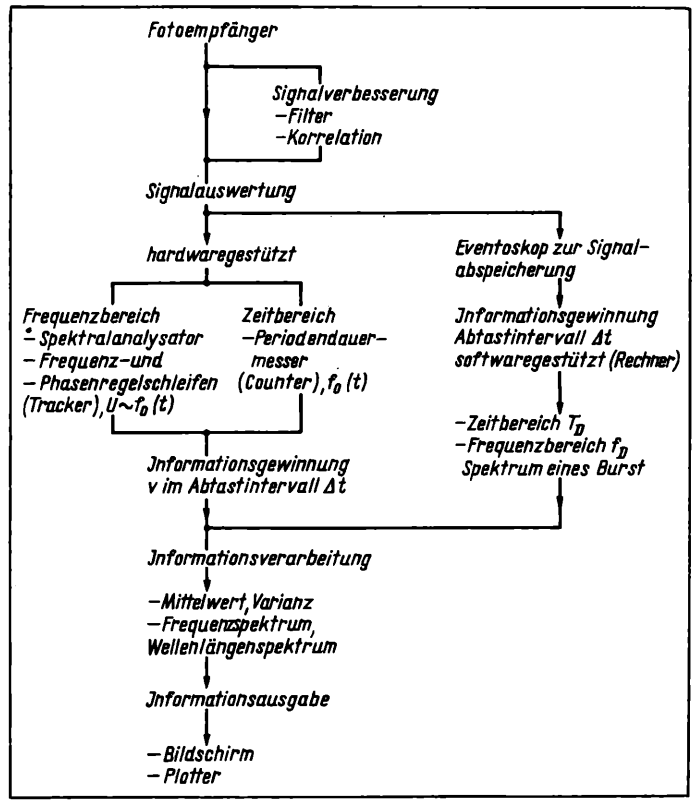


Bild 4. Informationsverarbeitung beim LDA

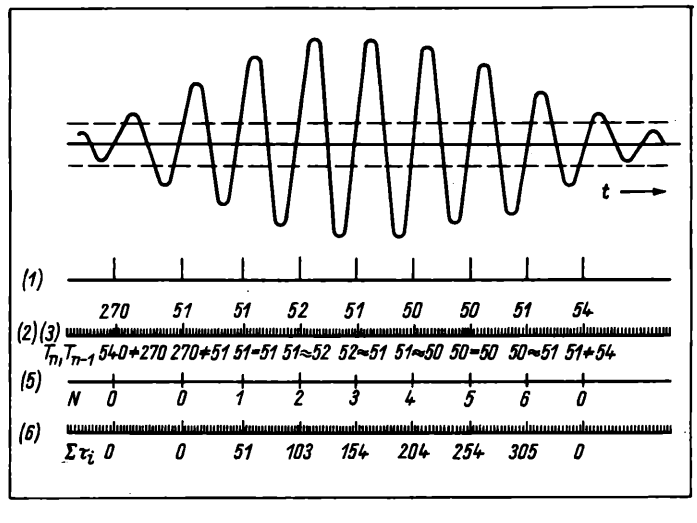
Optik:

Die Sendeoptik sei so aufgebaut, daß bei $\Theta/2 = 10°$ die Meßvolumenabmessungen $2a = 0{,}1$ mm und $2c = 0{,}58$ mm realisiert werden. Der Interferenzflächenabstand beträgt bei Verwendung eines He-Ne-Lasers $\Delta x = 1{,}8$ µm, die maximale Anzahl der Interferenzflächen $N_{max} = 56$. Mit dieser Optik kann bis zu einer Geschwindigkeit $v \leqq 0{,}1$ mm/7,39 µs = 13,52 m/s mit einer Genauigkeit von mindestens 1 % für den Einzelwert gemessen werden.

Durch Zusammenfassen von mehreren aufeinanderfolgenden Perioden zu einer neuen Vergleichseinheit ($\Delta x_{T\,min}$) kann gesichert werden, daß mindestens 2^4 Takte zum Austakten einer Einheit erforderlich sind. Damit ergeben sich die in Tafel 2 angegebenen Verhältnisse.

Die Grenzgeschwindigkeit kann durch Erhöhen der Taktfrequenz erhöht werden. Höchste Taktfrequenzen von 1 GHz lassen bei der gegebenen Optik eine Grenzgeschwindigkeit von etwa 800 m/s zu. Aufgrund der bei hoher Geschwindigkeit geringen Wechselwirkungszeit der Teilchen mit dem Laserstrahl ist eine Signalauswertung im Zeitbereich dann aber nicht mehr möglich; zur Auswertung müssen Photonenkorrelatoren verwendet werden.

Bild 5. Prinzip des Periodendauermessers mit kontinuierlichem Periodizitätstest [3]



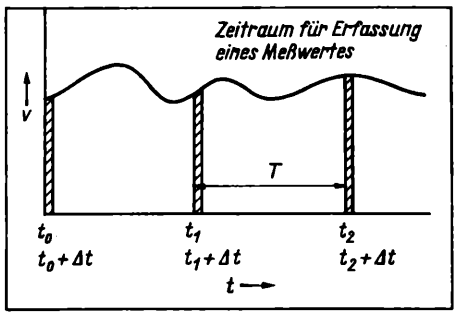


Bild 6. Zeitäquidistante Abtastung zur Bestimmung des Mittelwertes

Für die Informationsverarbeitung steht die Aufgabe, auf der Grundlage des Angebotes an Meßwerten, die für das Abtastintervall repräsentativ sind aber durch die Kopplung an die Streuteilchen stochastisch anfallen, das Informationsverarbeitungsregime so zu gestalten, daß die gestellte Meßaufgabe erfüllt wird. Aus der Meßaufgabe selbst ergeben sich zwangsläufig Anforderungen an die Meßwertrate (Anzahl der Meßwerte je Zeiteinheit). Durch Zusatz von künstlichen Streuteilchen (Seeding) kann die notwendige Meßwertrate eingestellt werden. Unter Umständen ist ein Teilchenzusatz nicht erlaubt. Dann muß man mit dem Meßwertangebot auskommen. Bestimmte Anforderungen bzw. Aufgaben können unter diesen Bedingungen nicht mehr erfüllt werden.

Höchste Anforderungen an die Meßwertrate stellen die Rekonstruktion des Momentanwerte-Zeitverlaufes und die Bestimmung des Turbulenzspektrums. Zur Bestimmung des Turbulenzspektrums muß die höchste Turbulenzfrequenz mindestens zweimal statistisch unabhängig abgetastet werden, d. h., im Zeitintervall

$$\Delta t_{max} < \frac{1}{2 f_{Turb.\,max}} \tag{8}$$

muß mit Sicherheit ein Meßwert vorliegen. Für die Rekonstruktion des Momentanwerte-Zeitverlaufes werden für diesen Bereich mindestens 10 Meßwerte verlangt. Die Informationsverarbeitung ist im zeitäquidistanten Betrieb organisiert, d. h., die Auswerteeinheit (Counter, Tracker oder Spektralanalysator) wird zeitäquidistant nach einem Meßwert abgefragt, der repräsentativ für das Abfrageintervall ist.

Für die statistische Beschreibung der Strömung durch den Zeitmittelwert, z. B. in x-Richtung

$$\bar{v}_x = \lim_{T\to\infty}\left\{\frac{1}{T}\int_T\left(\lim_{V\to 0}\frac{1}{V}\int_V v_x\,\mathrm{d}V\right)\mathrm{d}t\right\}, \tag{9}$$

und die Varianz liegen die Anforderungen niedriger. In diesem Fall muß die niedrigste Frequenz weniger als zweimal statistisch unabhängig abgetastet werden (Bild 6). Mit Sicherheit muß im Abtastintervall Δt ein für das Intervall repräsentativer Meßwert vorliegen. In Abhängigkeit vom Turbulenzgrad und von der für den Mittelwert geforderten Genauigkeit muß eine Mindestanzahl von Stützwerten zur Mittelwertbildung herangezogen werden. Bei Gaußscher Turbulenz wird

$$N > \left(\frac{Tu z_{\alpha/2}}{\overline{\Delta v}/\bar{v}}\right)^2 \tag{10}$$

gefordert, $z_{\alpha/2}$ ist dabei eine von der Irrtumswahrscheinlichkeit α abhängige Funktion. Die niedrigste Turbulenzfrequenz und die erforderliche Stützstellenzahl bestimmen schließlich den Zeitaufwand für die Messung.

Ist die notwendige Meßwertrate nicht vorhanden und läßt sich auch nicht künstlich einstellen, dann ist die Rekonstruktion des Momentanwerte-Zeitverlaufes nicht möglich. Die Bestimmung des Turbulenzspektrums wird sehr schwierig. Die Mittelwertbildung kann auf der Grundlage aller anfallenden Meßwerte vorgenommen werden (Burstbetrieb). Allerdings müssen die Meßwerte im Sinne der „strömungsbezogenen Informationsverarbeitung" mit der momentanen Meßwertrate S_n gewichtet werden [16]. (9) geht dann in

$$\bar{v}_x = \lim_{N\to\infty}\left\{\lim_{V\to 0}\left(\frac{1}{V}\frac{\int_N \frac{v_{xn}}{S_n}\,\mathrm{d}N}{\int_N \frac{1}{S_n}\,\mathrm{d}N}\right)\right\} \tag{11}$$

über. Die momentane Meßwertrate läßt sich meßtechnisch bestimmen. Näherungsweise kann $S_n \sim v_n$ verwendet werden [3]. Damit ergibt sich

$$\bar{v}_x = \frac{\sum_{n=1}^{N}\frac{v_{xn}}{|\vec{v}|}}{\sum_{n=1}^{N}\frac{1}{|\vec{v}|}}. \tag{12}$$

Die Informationsverarbeitungseinheiten von LDA-Meßplätzen beschränken sich darauf, für den Meßpunkt repräsentative Informationen in Form des Momentanwerte-Zeitverlaufes oder von Mittelwert und Varianz zur Verfügung zu stellen. Felddarstellungen und die Bestimmung des Turbulenzspektrums sowie der Elemente des Reynolds-Spannungstensors werden in der Regel einem übergeordneten Rechner übertragen. Das Laser-Doppler-Verfahren erweist sich für Forschung und Entwicklung als sehr leistungsfähig. Es erfordert aber ein hohes Maß an meßtechnischem „know how", vor allem deshalb, weil in Abhängigkeit vom Meßproblem Strömung, Optik, Auswerteelektronik und Informationsverarbeitung aufeinander abgestimmt sein müssen.

3. Das Laser-Laufzeit-Verfahren

Das Laser-Laufzeit-Verfahren verwendet das Lichtschrankenprinzip (Bild 1d). Die Vorteile der Taillentransformation eines Laserstrahles (6) werden genutzt, um im Raum eine Lichtschranke mit der signifikanten Länge $2z_0 = 800 \ldots 1600$ µm aufzubauen. Die Länge der Meßstrecke (Abstand der Laserstrahlen) liegt bei $\Delta s = 400$ bis 800 µm (Bild 7). Zur Messung werden kleinste Teilchen mit Durchmessern von $d_T = 0{,}15 \ldots 1{,}0$ µm verwendet, die als natürliche Verunreinigungen in der Luft enthalten oder als künstliche Streuteilchen der Strömung zugesetzt werden können. Nach [19] wurden in normal verunreinigter Luft im Bereich 0,1 ... 0,5 µm 900 Teilchen/cm³ und im Bereich 0,5 ... 1,0 µm 100 Teilchen/cm³ festgestellt. Die Information über den Zeitpunkt des Eintritts der Teilchen in den Bereich bzw. den Zeitpunkt des Austritts der Teilchen aus dem Bereich der Lichtschranke wird über das Streulicht, das die Teilchen bei Durchlaufen der gaußförmigen Laserstrahlen (Maximalintensitäten $I_{max} = 900 \ldots 6000$ W/mm²) aussenden, im Rückstreubetrieb an zwei jeweils nur auf einen Strahl ausgerichtete Fotoempfänger vermittelt und von diesen als Start- und Stoppimpuls interpretiert.

Zusammengehörige Start- und Stoppimpulse treten nur dann auf, wenn der Strömungsvektor in die Strahlebene des Sensors fällt. Da ein Meßereignis, d. h. die Aufeinanderfolge von Start- und Stoppimpuls, auch von zwei verschiedenen Teilchen ausgelöst werden kann, ist eine Einzelmessung nicht aussagekräftig. Deshalb ist es notwendig, eine Vielzahl von Meßereignissen zu registrieren und anschließend die statistischen Momente der Geschwindigkeit durch angepaßte Informationsverarbeitung zu bestimmen. Der Momentanwerte-Zeitverlauf der Geschwindigkeit ist mit dem Laser-Laufzeit-Anemometer (LLA) im allgemeinen nicht meßbar. Das ist ein gewisser Nachteil gegenüber dem LDA. Zur Bestimmung der Haupt-

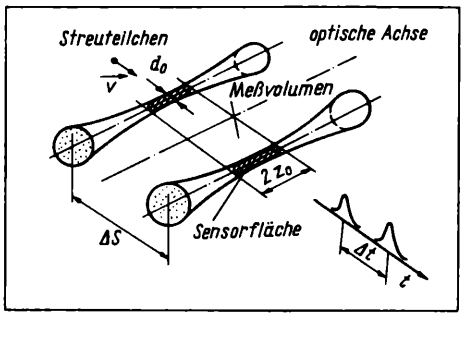


Bild 7. Prinzip des Laser-Laufzeit-Anemometers

strömungsrichtung muß der Sensor um die optische Achse gedreht werden. Die spezifische Meßmethodik des LLA besteht somit darin, daß der Sensor bezüglich einer festgelegten Bezugsebene schrittweise um den Winkel $\Delta\alpha$ um die optische Achse gedreht wird, in jeder Winkelstellung α eine geschätzte Anzahl von Meßereignissen registriert wird und die gemessenen Flugzeiten Δt in Klassen eingeordnet werden. Dadurch ergibt sich für den einzelnen Meßpunkt eine zweidimensionale Häufigkeitsverteilung $H(\Delta t, \alpha)$, die Grundlage der statistischen Beschreibung der Strömung ist [20].

Das LLA besitzt in bestimmten Anwendungsbereichen gegenüber dem LDA Vorteile. Die Verwendung des Lichtschrankenprinzips ermöglicht die Konzentration der gesamten Laserenergie auf nur zwei Strahltaillen, die die Meßstrecke begrenzen. Die hohe Leistungsdichte in den Laserstrahlen erlaubt trotz der bei hohen Geschwindigkeiten sehr geringen Wechselwirkungsdauer der Teilchen mit dem Strahl Geschwindigkeitsmessungen bis $v > 500$ m/s unter Einbeziehung kleinster Teilchen und im Rückstreubetrieb. Es sind auch in relativ großen Abständen von der Sendeoptik (1 bis 2 m) relativ kleine Meßvolumina bei geringem Öffnungswinkel des Strahlenganges möglich. Damit können auch Messungen in engen Kanälen vorgenommen werden.

Zur Analyse des Meßprozesses kann aus dem e^{-2}-Abfall der örtlichen Intensität in der Taille des Strahles ein Bereich definiert werden, der die eigentliche Sensorfläche darstellt. In unmittelbarer Nähe der Lasertaille ($I/I_m = 1 - k \leqq 0{,}9$) kann näherungsweise mit einer Ellipse mit den Achsabmessungen $r_0 = \frac{d_0\sqrt{k}}{2\sqrt{2}}$ und $z_0 = \frac{\pi d_0^2\sqrt{k}}{4\lambda}$ (d_0 Taillendurchmesser, λ Wellenlänge) gerechnet werden, so daß die Sensorfläche

$$A_\perp = \frac{\pi^2 d_0^3}{8\lambda\sqrt{2}} \cdot k \tag{13 a}$$

beträgt.

Für die definierte Sensorfläche ergibt sich:

$$A_\perp = 5{,}3\frac{\pi^2 d_0^3}{8\sqrt{2}\,\lambda}. \tag{13 b}$$

Mit der Länge der Meßstrecke Δs beträgt das Meßvolumen in diesem Bereich.

$$V = \frac{\pi^2 d_0^3\,\Delta s}{8\sqrt{2}\,\lambda}k. \tag{14 a}$$

Das definierte Meßvolumen beträgt:

$$V = 5{,}3\frac{\pi^2 d_0^3\,\Delta s}{8\sqrt{2}\,\lambda}. \tag{14 b}$$

Das Abtastvolumen, aus dem die auswertbaren Signale schließlich stammen, wird durch die Größe der Teilchen und die Lage der im Empfänger zur Signalerkennung eingestellten Amplitudenschwellen bestimmt. Es kann größer oder auch kleiner als das definierte Meßvolumen sein. Damit kann durch die Elektronik über die Amplitudenschwellen das Abtastvolumen gewählt werden.

Aus der Sicht der Informationsverarbeitung lassen sich die Betriebsarten Einzelteilchen- und Mehrteilchenbetrieb unterscheiden. Bei Mehrteilchenbetrieb ist der Einsatz korrelativer Verfahren zur Signalerkennung und Auswertung unumgänglich, bei Einzelteilchenbetrieb, d. h., einer Betriebsweise, bei der mit hoher Wahrscheinlichkeit im Mittel nur ein Teilchen sich im definierten Meßvolumen befindet, so daß Start- und Stoppimpuls eindeutig zugeordnet werden können, ist die Signalauswertung mit einer speziellen Zeitmeß-Ereignisspeicherhardware möglich.

Die Signalrate beträgt bei einer mittleren Teilchendichte der detektierbaren Teilchen $\bar{n}$ im definierten Meßvolumen (e^{-2}-Abfall der Intensität):

$$SR = \bar{n}A_\perp v = 5{,}3\frac{\bar{n}\pi^2 d_0^3}{8\lambda\sqrt{2}}v. \tag{15}$$

$\bar{n}$ ist von den Streueigenschaften der Teilchen, dem Durchmesser der Teilchen und der Lage der Amplitudenschwellen abhängig. In

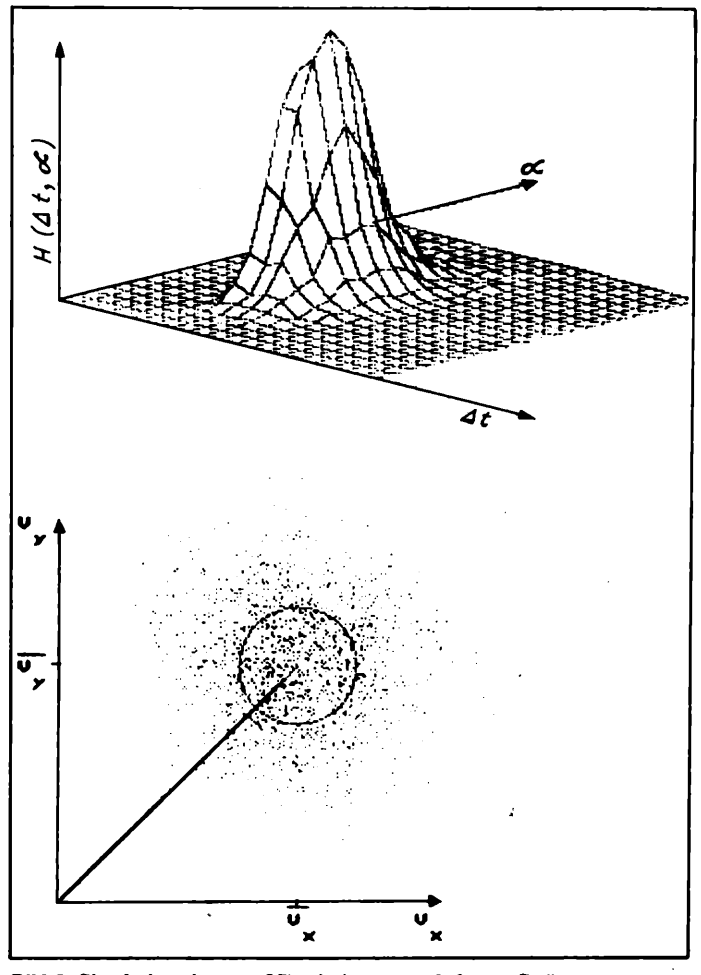
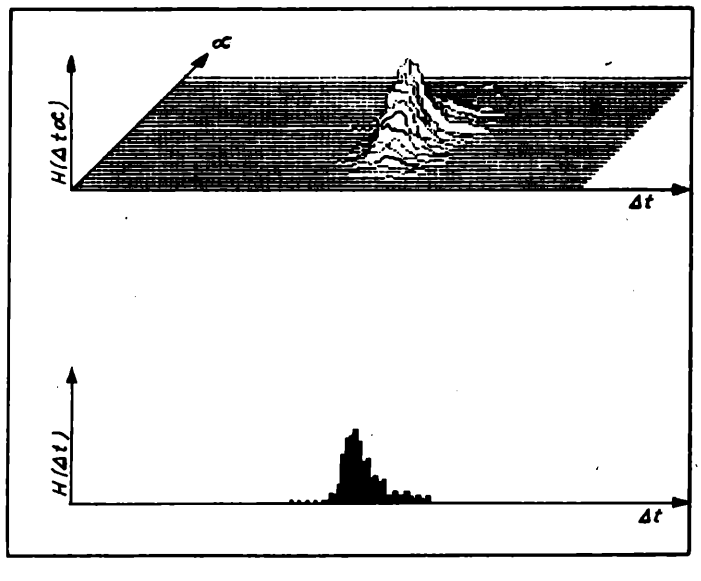


Bild 8. Simulation einer gaußförmig isotrop turbulenten Strömung
unten: Verteilung der Vektoren bei $\bar{v}_x = \bar{v}_y$ bei 1500 Stützwerten; oben: Häufigkeitsverteilung $H(\Delta t, \alpha)$, 5000 Messungen

inkompressiblen Fluiden ist $\bar{n}$ konstant, bei Gasen hängt $\bar{n}$ sehr stark vom Druck und von der Temperatur ab. Die Massenkonzentration der Streuteilchen, d. h. das Verhältnis zwischen Fluidmasse und eingebetteter Streuteilchenzahl bleibt konstant. Damit ist die Signalrate ein Maß für den Massenstrom. Geht man davon aus, daß die Teilchen im Fluid gleichverteilt sind, dann sind die Teilchen bezüglich des signalbildenden Meßvolumens poissonverteilt,

$$p(N) = \frac{\bar{N}^N}{N!}e^{-\bar{N}}. \tag{16}$$

Bild 9. Ausgemessene Geschwindigkeitsstatistik
unten: Verteilung $H(\Delta t)$, Parameter $\alpha = 0°$; oben: Häufigkeitsverteilung $H(\Delta t, \alpha)$



Tafel 3. Informationsverarbeitung beim LLA

Verfahren	Algorithmus	Genauigkeit	Rechenzeit	Speicher	Anwendung
exaktes Auswerteverfahren	Umrechnung in kartesische Koordinaten, skalare Verrechnung der Komponenten	sehr hoch, Fehler <0,1% möglich	lang, mehrere Minuten	0,5 Mbyte	komplizierte Strömungen, hohe Turbulenz, extrem niedrige SR, Reynolds-Tensor
modifiziertes 2-Randkurvenverfahren	skalare Verrechnung der polaren Komponenten und Korrektur der Ergebnisse	hoch, geringer systematischer Fehler bis 1%	relativ gering, etwa 1 Minute	>32 Kbyte	Strömung ohne große Scherspannungen, Turbulenz <25%
einfaches 2-Randkurvenverfahren	skalare Verrechnung der Komponenten aus den Polarkoordinaten $H(t_F, \alpha)$	turbulenzabhängiger systematischer Fehler bis 2,5%	gering, <1 Minute	>32 Kbyte	für geringen Turbulenzgrad (bis etwa 10%)
Medianverfahren	Bestimmung des Medians und der Streubreite einer geordneten Meßreihe	relativ großer stochastischer Fehler	sehr gering, einige Sekunden	<8 Kbyte	schnelles Durchmessen einer Strömung

$p(N)$ ist die Wahrscheinlichkeit, mit der N Teilchen gleichzeitig im Meßvolumen auftreten, $\bar{N}$ ist die mittlere Teilchenanzahl im Meßvolumen, die sich mit (14) zu

$$\bar{N} = \bar{n} \cdot V = 5{,}3 \frac{\bar{n}\pi^2 d_0^3 \Delta s}{8\sqrt{2}\,\lambda} \tag{17}$$

ergibt.

Für $p(N > 1) = 0{,}005$ ergibt sich eine mittlere Teilchenanzahl im Meßvolumen von $\bar{N} = 0{,}1$. Die maximal für Einzelteilchenbetrieb zulässige auswertbare Teilchendichte darf damit

$$\bar{n} \leqq \frac{0{,}1}{V} \tag{18}$$

betragen.

Für $d_0 = 15\ \mu m$ beträgt bei $\lambda = 488$ nm $A_\perp = 2{,}7 \cdot 10^{-2}$ mm^2 und mit $\Delta s = 500\ \mu m$ die zulässige Teilchendichte $\bar{n} \leqq 7{,}2 \cdot 10^3$ cm^{-3}. Damit liegt die zulässige Dichte weit über der bei natürlicher Verunreinigung vorliegenden Teilchendichte, so daß in diesem Fall Einzelteilchenbetrieb gewährleistet ist. Legt man die bei natürlicher Verunreinigung nachgewiesene detektierbare Teilchendichte im Bereich $0{,}1\ \mu m \leqq d_T \leqq 1\ \mu m$ von $\bar{n} = 10^3$ cm^{-3} zugrunde, dann beträgt bei einer Geschwindigkeit von 500 m/s die Signalrate $SR \approx 10^4$ s^{-1}.

Das Konzept der Signalauswertung (Flugzeitmessung) ist vom Maximalwert der zu detektierenden Geschwindigkeit und dem zulässigen Meßfehler für die Einzelmessung, der im wesentlichen durch den Bit-Fehler der Zeitmessung bestimmt wird, abhängig. Für eine maximale Geschwindigkeit von $v_{max} = 500$ m/s und einem Meßfehler von $\Delta v/v \leqq 1\%$, wird bei der angenommenen Geometrie des Sensors vom Taktgenerator eine Zeitauflösung von $T \leqq 10$ ns verlangt. Im Interesse einer effektiven Informationsverarbeitung können unter Berücksichtigung gleicher maximaler Meßfehler die Meßwerte oberhalb $2v_{max}$ in Klassen verdichtet werden. Bei einem konzipierten Zeitmeßbereich von $\Delta t = 0 \ldots 1023T$ kann man unter den geforderten Bedingungen für den angenommenen Sensor die Maximalgeschwindigkeit der Klasse 100 zuordnen; im Bereich 0 ... 255 T ist eine Einzelauflösung der Takte zweckmäßig (bis 200 T notwendig), dagegen können im Bereich 256 ... 511 T je zwei Takte einer Klasse und im Bereich 512 ... 1023 T je vier Takte einer Klasse zugeordnet werden, so daß sich für eine Winkelstellung die Meßwerte in 512 Klassen (Byte) abspeichern lassen. Zur Aufnahme einer vollständigen Flugzeit-Meßwinkel-Statistik erweist sich ein Meßwinkelbereich von $\alpha = \pm 20°$ bezogen auf die Hauptströmungsrichtung bei einer Winkelauflösung von $\Delta\alpha = 1°$ als ausreichend, so daß zur Abspeicherung der Basisdaten für einen Meßpunkt ein Speicherplatz von 20,5 Kbyte erforderlich ist.

Auf einem Kleinrechner wurde eine gaußförmig isotrop turbulente Strömung mit $\bar{v}_x = \bar{v}_y$ simuliert. Bild 8 zeigt die Verteilung von 1500 realisierten Meßwerten sowie die Lage des Mittelwertes. Der eingezeichnete Kreis ist die Ortskurve für die Varianz. Die zugehörige Flugzeit-Meßwinkel-Statistik ist ebenfalls im Bild 8 dargestellt. Bild 9 zeigt eine reale Messung; unten ist für eine Winkelstellung α die Flugzeitstatistik $H(\Delta t)$ aufgetragen; Bild 9 zeigt oben die gesamte Statistik $H(\Delta t, \alpha)$. Bei rotierenden Maschinen bietet sich die zeitmultiplexe Messung an verschiedenen Orten an, so daß in einem Meßzyklus mehrere Meßpunkte bearbeitet werden. Für maximal 16 zeitlich gestaffelte Meßfenster erhöht sich der Speicherplatzbedarf auf 328 Kbyte. Daraus ergeben sich die Anforderungen an den einzusetzenden Meßrechner.

Ausgehend von den gesuchten Strömungsgrößen und der geforderten Genauigkeit wurden verschiedene Auswerteverfahren erarbeitet, die sich insbesondere hinsichtlich des benötigten Speicherplatzes, der Rechenzeit und der Genauigkeit der Ergebnisse unterscheiden. Mit

$$v_x = |\vec{v}| \cos\alpha\,, \qquad v_y = |\vec{v}| \sin\alpha \tag{19}$$

lassen sich auf der Grundlage der in den Klassen vorliegenden Geschwindigkeitswerte und bekannten Winkelstellungen die Mittelwerte $\bar{v}_x$ und $\bar{v}_y$

$$\bar{v}_x = \frac{1}{N^*} \sum_{j=1}^{l} \sum_{i=1}^{k} \frac{N_{ij}}{MR_{ij}} v_i \cos\alpha_j\,,$$

$$\bar{v}_y = \frac{1}{N^*} \sum_{j=1}^{l} \sum_{i=1}^{k} \frac{N_{ij}}{MR_{ij}} v_i \sin\alpha_j\,,$$

$$N^* = \sum_{j=1}^{l} \sum_{i=1}^{k} \frac{N_{ij}}{MR_{ij}} \tag{20}$$

k Anzahl der Flugzeitklassen; l Anzahl der Winkelstellungen; v_i Geschwindigkeit in der Klasse i, N_{ij} Anzahl der Meßwerte in der Klasse i bei der Winkelstellung j, die aufgrund der Abhängigkeit des Teilchendurchsatzes von der Geschwindigkeit mit der momentanen Meßrate MR_{ij} gewichtet werden muß

berechnen. Der Mittelwert der Geschwindigkeit ergibt sich aus

$$\bar{v} = (\bar{v}_x^2 + \bar{v}_y^2)^{1/2}\,, \tag{21}$$

die Lage des Vektors $\vec{\bar{v}}$ mit

$$\bar{\alpha} = \arctan(\bar{v}_y/\bar{v}_x)\,. \tag{22}$$

Ausgehend vom Mittelwert lassen sich die Schwankungen v_x' und v_y' berechnen und auf dieser Grundlage die Standardabweichungen, der Turbulenzgrad und die Elemente des Reynoldsschen Spannungstensors.

Die exakte Berechnung benötigt neben einem hohen Speicherplatzbedarf relativ lange Meßzeiten zur Aufnahme der vollständigen Statistik und relativ lange Rechenzeiten. Zur Bestimmung von Mittelwert und Turbulenzgrad reichen oft Näherungsverfahren aus, die nicht so aufwendig sind.

Das in der Literatur beschriebene 2-Randkurvenverfahren [20] ignoriert die Zusammenhänge zwischen Flugzeit und Meßwinkel und wertet die Klasseninhalte für Δt und α getrennt aus. Der Betrag der mittleren Geschwindigkeit v ergibt sich aus der Zusammenfassung der Flugzeiten ohne Berücksichtigung der Winkelstellung zu

$$\bar{v} = \frac{\Delta s \sum_{j=1}^{l} \sum_{i=1}^{k} N_{ij}}{\sum_{i=1}^{k} \Delta t_i \sum_{j=1}^{l} N_{ij}}\,. \tag{22}$$

Die Orientierung der mittleren Geschwindigkeit $\bar{\alpha}$ ergibt sich aus der Zusammenfassung der Winkel ohne Berücksichtigung der Flugzeiten zu

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{j=1}^{l} \alpha_j \sum_{i=1}^{k} N_{ij}}{\sum_{j=1}^{l} \sum_{i=1}^{k} N_{ij}}. \tag{23}$$

Durch Korrekturfaktoren läßt sich die Genauigkeit des einfachen 2-Randkurvenverfahrens verbessern (modifiziertes 2-Randkurvenverfahren). Für eine Testmessung zur ungefähren Bestimmung des Betrages und der Lage des Vektors der mittleren Geschwindigkeit reicht schließlich das Medianverfahren aus [21]. In Tafel 3 sind die Auswerteverfahren mit ihrem Aufwand zusammengestellt. Ausgehend von der gestellten Meßaufgabe sind das zu verwendende Auswerteverfahren auszuwählen und die für einen Meßpunkt erforderliche Stützstellenzahl abzuschätzen.

Zusammenfassung

Die optischen Strömungsmeßverfahren beruhen auf der Raumfiltereigenschaft von Blendensystemen. Das Laser-Doppler- und das Laser-Laufzeit-Verfahren sind für die Forschung und Entwicklung einsetzbare sehr leistungsfähige Meßverfahren. Mit dem Laser-Doppler-Anemometer kann ein weiter Geschwindigkeitsbereich von 1 mm/s bis zu 100 m/s und darüber hinaus überstrichen werden. Während mit dem LDA eine simultane Dreikomponentenmessung sowie die Rekonstruktion des Momentanwerte-Zeitverlaufes möglich sind, erlaubt das LLA nur Messungen in zweidimensionalen Feldern und die statistische Beschreibung der Strömung. Der besondere Vorteil des LLA besteht darin, daß mit ihm auch in relativ großen Entfernungen von der Sendeoptik relativ geringe Meßvolumina bei kleinen Öffnungswinkeln der Optik möglich sind. Dadurch kann mit dem LLA noch in Objekten gemessen werden, bei denen die für kleine Meßvolumina erforderlichen großen Schnittwinkel beim LDA eine Messung nicht mehr erlauben. Beide Meßsysteme erfordern eine strömungsbezogene Informationsverarbeitung, so daß in jedem Fall A-priori-Informationen über die Strömung erforderlich sind.

Literatur

[1] Fiedler, D.; Schulz, K. P.; Christofori, K.: Geschwindigkeitsmessung mit CCD-Zeilenkamera nach dem Ortsfilterprinzip. msr, Berlin 31 (1988) 5, S. 205—209

[2] Petrak, D.; Astalosch, F.: Entwicklung faseroptischer Sensoren für Fluid-Feststoffströmungen. Forschungsbericht der AdW der DDR, Institut für Mechanik, Karl-Marx-Stadt, 1985.

[3] Albrecht, H. E.: Laser-Doppler-Strömungsmessung. Berlin: Akademie Verlag 1986.

[4] Koniuta, A.; Dudermel, M. T.; Adler, P. M.: A laser Doppler anemometer with microscopic intersection volume. J. Physics E: Scientific Instruments 12 (1979), S. 918—920.

[5] Laser Doppler Anemometry (Catalogue). DISA Elektronic (jetzt DANTEC), Skovlunde/Dänemark, 1983.

[6] Durst, F.; Howe, B. M.; Richter, G.: Laser-Doppler measurement of crosswind velocity. Applied Optics 21 (1982), S. 2596—2607.

[7] Albrecht, H. E.; Kröger, W.; Fiedler, O.: Längenmessung an bewegten Objekten mit einem LDA-Meßplatz. Feingerätetechnik 33 (1984) 3, S. 126—127.

[8] Kröger, W.; Albrecht, H. E.; Fuchs, W.: LDA-Meßplatz zur seriellen Mehrkomponentenmessung mit mikrorechnergekoppeltem Periodendauermesser. msr, Berlin 26 (1983) 3, S. 134—140.

[9] Laser Velocimetry Systems (Catalogue). TSI Inc., St. Paul/Minnesota, USA, 1983.

[10] Albrecht, H. E.; Fuchs, W.; Kröger, W.: Anordnung zur Bestimmung des Strömungsvektors bei Doppler-Anemometern. DD-WP 251004, Ausgabe 28. 10. 87.

[11] Fuchs, W.; Albrecht, H. E.; Kröger, W.: Zur Bestimmung der Signalrate beim Laser-Doppler-Anemometer im Burst-Betrieb. msr, Berlin 26 (1983) 6, S. 331—335.

[12] Tropea, C. D.: Anwendung von Eventoskopen in der Laser-Doppler-Anemometrie. messen und prüfen 18 (1982), S. 818—822, S. 827.

[13] Albrecht, H. E.; Kröger, W.: Verfahren zur Auswertung von Signalen bei Doppler-Anemometern. DD-WP 149 279, Ausgabe 22. 8. 80.

[14] Greated, C. A.: Measurement of Reynolds stresses using an improved laser flowmeter. J. Physics E: Scientific Instruments 3 (1970), S. 753—756.

[15] Ruck, B.; Schmitt, F.; Loy, T.: Signalbewertung in der Laser-Doppler-Anemometrie durch Periodenlängenvergleich. Technisches Messen 53 (1986), S. 185—191.

[16] McLaughlin, D. K.; Tiederman, W. G.: Biasing correction for individual realization of laser anemometer measurements in turbulent flows. Phys. of Fluids 16 (1973), S. 2082—2088.

[17] Kröger, W.; Fuchs, W.: Periodendauermesser mit internem Periodizitätstest. rfe, Berlin 35 (1986), S. 88—91.

[18] Pike, E. R.: How many signal photons determine a velocity. In: Thompson, H. D.; Stevenson, M. H. (ed.): Laser velocity and particle sizing. Washington: Hemisphere Publ. Corp. 1979, S. 285—289.

[19] Schodl, R.; Selbach, H.; Lossau, H. G.: Experimental performance comparison between different signal processing methods for Laser-Dual-Fokus Velocimeter (L2F). Symposium on Long Range and Short Range Optical Velocity Measurements. 15th—18th September 1980, German-French Research Institute, ISL, Saint-Louis (France).

[20] Schricker, U.: Optische Strömungsmessung mit dem L2F-Verfahren. Feinwerktechnik & Meßtechnik 90 (1982) 2, S. 65—69.

[21] Dreyer, H.; Sauer, W.: Prozeßanalyse. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.

msr 8815

In eigener Sache

Wir suchen einen Fachredakteur für unsere Zeitschrift, der in oder bei Berlin über Wohnraum verfügt. Er sollte ein abgeschlossenes Hochschulstudium in der Fachrichtung Technische Kybernetik/Automatisierungstechnik oder in einem angrenzenden Gebiet (z. B. Technische Informatik oder Elektrotechnik/Elektronik) und gute Kenntnisse der deutschen Sprache haben.

Seine Aufgaben umfassen:
— redaktionelle und fachliche Bearbeitung von Manuskripten
— Besuch und Auswertung von Fachtagungen, -messen und -ausstellungen
— fachbezogene journalistische Tätigkeit.

Interessenten wenden sich bitte an:

VEB Verlag Technik
Oranienburger Str. 13/14
Berlin
1020

Redaktion „messen · steuern · regeln"
Tel.: 2 87 03 62
2 87 03 74

P. Schmidt

Prozeßnahes Steuerungs- und Regelungssystem EAW-electronic S2000 und seine Anwendung (Teil 2)[1)]

Gemäß Bild 3 und Bild 4 werden die EA-Baugruppen über ein geräteinternes EA-Interface angekoppelt. Im Falle der S2000-S wird ein 8-bit-breiter Datenbus sowie eine zyklisch umlaufende, also nicht wahlfreie Adressierung der EA-Baugruppen realisiert. Die Adressierung wird getrennt je Byte Binäreingabe oder -ausgabe in Form einer softwaregetakteten Schieberegistersteuerung ausgeführt. Beim ersten Byte der Eingabe-Binärbaugruppen kann allerdings für die zugehörigen 8 bit-Variablen bei positiven Flanken ein Interrupt ausgelöst werden, der zum Start eines Interruptprogrammes IPR 0 ... IPR 7 führt. Die Interruptprogramme werden in PROLOG-S programmiert.
Die S2000-R verwendet ein serielles Spannungsinterface mit einer Übertragungsrate von 19,2 kBaud. Der Schnittstellenschaltkreis U 856 ist auf der ZE 102 und die zugehörigen Kabelstufen sind auf der EK 102 angeordnet. Die EA-Baugruppen sind mit dem Einchipmikrorechner (EMR) U 8820, u. a. zur Realisierung der seriellen Schnittstelle, ausgeführt. Motivationen für dieses Interface sind

- die auf allen EA-Baugruppen der S2000-R mit einem EMR ausgeführte Autodiagnose und Störungsmeldung
- die mit EMR ausgeführte Signalvorverarbeitung, beispielsweise Kennlinienlinearisierung und digitaler Angleich bei Analogbaugruppen
- die elegante Möglichkeit zur Ausführung der galvanischen Trennung zwischen Zentraleinheit und Prozeßsignalen über Optokoppler.

Zur Erhöhung der Anzahl einsetzbarer EA-Baugruppen gemäß Tafel 1 kann jeweils ein Grundgerät mit einem Erweiterungsgerät gekoppelt werden. Dazu wird der interne Gerätebus bei

- der S2000-S über jeweils eine EK 101 oder 106 oder 107 im Grund- und Erweiterungsgerät (2 m Kabellänge)
- der S2000-R über eine EK 102 im Grundgerät und eine EK 105 im Erweiterungsgerät (20 m Kabellänge)

verlängert. In den Tafeln 3 und 4 sind die verfügbaren EA-Baugruppen sowie ihre zugehörigen Prozeßsignalpegel dargestellt. An der Entwicklung einer Analogbaugruppe für das System S2000-S wird gearbeitet. Die EA-Baugruppen sind in der Modularität 8, 16, 24, 32 (EA-Signale je Baugruppe) verfügbar. Davon ausgenommen sind die Analogbaugruppen AG 201, 202, 203 mit 8 Eingängen und 4 Ausgängen. Prozeßsignalpegel sind:

- Analog: PT 100; 0—20 mV; 0—50 mV; 0—20 mA; 4—20 mA; 0—10 V
- Binär: Kontakt: 24 V, 220 V; elektronisch: 24 V, 220 V.

Mit einer S2000-R Gerätekonfiguration können bis zu 14 analoge Regelkreise aufgebaut werden.
Zur Kopplung von Bedientechnik und übergeordneter Rechentechnik verfügt die S2000 über IFSS-Schnittstellen mit 20 mA-Stromsignalpegel, einer Übertragungsrate von 9,6 kBaud und 150 m zulässiger Kabellänge gemäß Tafel 5. Neben dem Programmieranschluß ist ein übergeordneter Rechner

- ursadat 5000 oder audatec für S2000-S
- P 8000 oder PC 1715 für S2000-R,

beispielsweise für zentralisierte bildschirmgestützte Bedien- und Leittechnik, koppelbar. Die Entwicklung eines S2000-Leitrechners auf Basis von 16-bit-Systemen sowie die Anpassung an international übliche Schnittstellen (RS 232, RS 485) sind vorgesehen. Auch eine serielle Kopplung der S2000-S und S2000-R ist möglich. In diesem Fall können in einem Reglertakt freiprogrammierbar Prozeßdaten bzw. Gerätezustände (Merker) mit einer Länge von 32 byte wählbar in die eine und andere Richtung übertragen werden. Die Festlegung zur Verarbeitung dieser Daten erfolgt dann bei der Anwenderprogramm-Entwicklung mit den Fachsprachen PROLOG-S und PROMAR 5000 gemäß Abschn. 2.
Zur Bedienerkommunikation wird an die S2000-R ein intelligentes Leitgerät gemäß Bild 5 auf Basis der CPU U 880 gekoppelt. Das Leitgerät LG 101 dient der prozeßorientierten, insbesondere der regelkreisseriellen Kommunikation zwischen dem Bediener und dem freiprogrammierbaren Regler. Die Bedien- und Anzeigefunktionen des Leitgerätes sind im Rahmen der Anwendersoftwareentwicklung freiprogrammierbar. Auf den zwei zwölfstelligen alphanumerischen Anzeigen werden Prozeßdaten oder z. B. Alarmetexte ausgegeben. Das Leitgerät verfügt ferner über eine 41stellige Folientastatur sowie drei Quasianalogganzeigen für Regelabweichung, Regelgröße und Stellgröße.
Des weiteren wird die Kopplung der S2000-R mit einem Schreiber vorbereitet. Zur Parametrierung der S2000-S können die Programmiergeräte gemäß Abschn. 2. sowie ein über die intelligente Digitalmultiplexerbaugruppe DM 101 der S2000-S gemäß Bild 3 anschließbares Parametriergerät PA 101 (analog RBL 05 des ursamar 5001) verwendet werden. Alle mit einem Mikrorechner bestückten Geräte und Baugruppen besitzen EPROM-residente Betriebssoftware, die u. a.

- Echtzeitsteuerung
- gegebenenfalls Fest- oder Gleitkommaarithmetik
- gegebenenfalls Modulbibliothek
- Treiberroutinen für Geräteinterfaces, wie Prozeßkoppelbaugruppen und Kommunikationsbaugruppen
- Autodiagnosekomponenten

enthalten.
Zur Verbesserung der Zuverlässigkeit der S2000

- wurden spezielle Maßnahmen zur Erhöhung der Entwurfszuverlässigkeit, wie das Einlöten aller EPROM und On-board-Programmierung, EPROM-residenter Abgleich der Analogbau-

Tafel 6. Ausgewählte technische Daten

Parameter	S2000-S	S2000-R
Einsatzklasse	—10/+55 /25/85//1101	ebenso
Einsatzklasse PG 101	0/45/25/85/1101	—
Versorgungsspannung	220 V WS	ebenso
	24 V GS Versorgungsspannung für Binärsignale	—
min. Tastzeit bzw. Zykluszeit	10 ms	100 ms
Verarbeitungszeit für 1024 Binäranweisungen	7,2 ms	—
max. anschließbare EA-Baugruppen	17	13
max. Anzahl der Ein- und Ausgänge	256	96 analog und 80 binär
max. Anzahl der Zeit- und Zählglieder	32	Begrenzung durch Speicherplatz
Kapazität des Anwenderprogrammspeichers in Softwaremodulen	400	300 bis 400
Temperaturdauerlauf der Erzeugnisse bei 55 °C zum Abfangen von Frühausfällen	48 Stunden	ebenso

[1)] Teil 1 erschien im Heft 6/1988.

Tafel 7. Softwarekategorien von Steuerungs- und Regelungsgeräten

Gerätesoftware			Entwicklungssoftware	
konstante Betriebssoftware Residentsoftware Firmware		veränderliche Betriebssoftware	Fachsprache Steuerung (PROLOG-S)	Fachsprache Regelung (PROMAR 5000)
Betriebssystem • Echtzeitsteuerung mit Initialisierung • Festkomma- oder Gleitkommaarithmetik • Modulbibliothek • ohne oder mit Interpreter • Treiberroutinen für Hardwareinterface • Autodiagnose • Prüf- und Servicefunktionen	festprogrammierte konfigurierbare Anwendersoftware (Modulverkettung)	freiprogrammierbare Anwendersoftware (Modulverkettung)	Hilfsmittel zur Generierung der freiprogrammierbaren Anwendersoftware durch Modulverkettung, Editierung, Compilierung Komponenten: • Identifikations- und Synthesesoftware • Modulbibliothek für problemnahe Notation • Editor • Compiler • Inbetriebnahme- und Testsoftware	
	Anwendersoftware			

gruppen statt mit Einstellreglern, Wiederstartauslösung nach Programmabsturz
— wird eine 48stündige Temperaturdauerlaufprüfung aller Komponenten bei maximaler Einsatztemperatur

realisiert.
In der Tafel 6 sind ausgewählte technische Daten der S2000 zusammengefaßt.

2. Softwarewerkzeuge für die freie Programmierung der Anwendersoftware

Ziel dieses Abschnittes ist es, eine Übersichtsdarstellung zu den wichtigsten verfügbaren Entwicklungswerkzeugen (Tools) für die Generierung der Anwendersoftware zu geben. Eine ausführliche Darstellung zur Handhabung dieser Werkzeuge, getrennt nach Steuerung und Regelung, wird in den eingangs erwähnten Folgebeiträgen angestrebt. Bei der Behandlung dieses Komplexes wird von den in der Tafel 7 enthaltenen Begriffsinhalten und Begriffsbeziehungen zur Software ausgegangen. Die Entwicklung der freiprogrammierbaren Anwendersoftware erfolgt selbständig durch den Anwender mittels der in Tafel 7 genannten Fachsprachen PROLOG-S und PROMAR 5000.
PROLOG-S ist eine Weiterentwicklung des in [4] beschriebenen PROLOG 2 (ursalog 5020) bezüglich

— der Hardwareanpassung an die ZE 101
— der Vereinfachung von EA- und Kommunikationsanweisungs-Handhabungen
— der Vereinfachung von Compiler- und Testsystembedienungen.

PROMAR 5000 — eine Kooperationsleistung KEAW — TU Dresden [5] bis [7] — ist eine Weiterentwicklung des in [2] vorgestellten MARCO (ursamar 5001) bezüglich

— der Hardwareanpassung an die ZE 102
— der Einbringung eines Editor-Dialogsystems zur Vermeidung von Bedienerfehlern
— der Modulbibliothek, insbesondere der Ergänzung von Anzeige- und Bedienmodulen für das Leitgerät.

Als Programmentwicklungstechnik oder kurz Programmiergeräte sind

— der Bürocomputer A 5120, UDOS-Betriebssystem Version 3.0 und 4.1 mit Laufwerken 1.2
— der Personalcomputer PC 1715, UDOS-Betriebssystem
— das Programmier- und Entwicklungssystem P8000 (8-bit-Teil, UDOS-Betriebssystem)

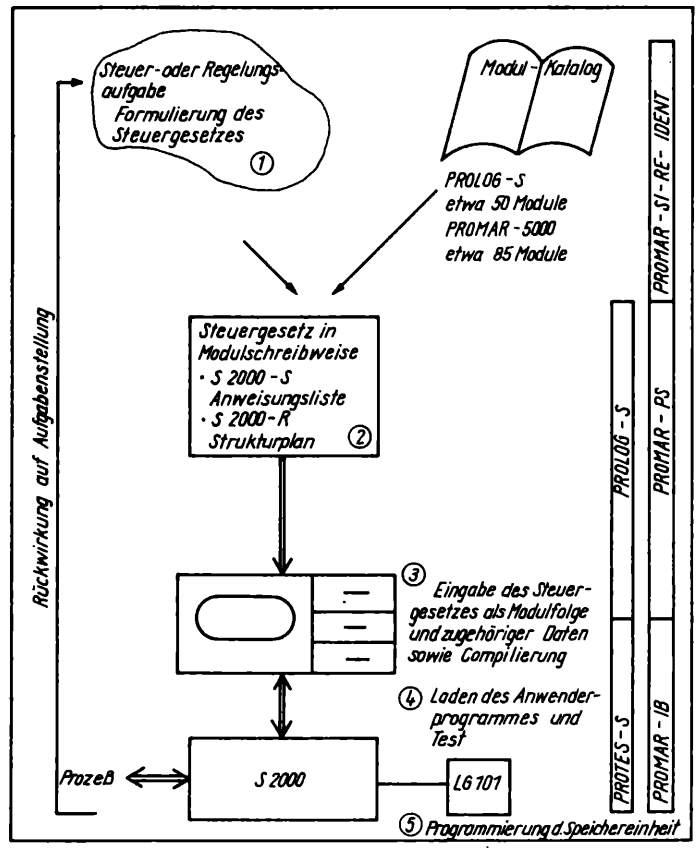
einsetzbar. Diese Geräte sind mit Floppy-Disk-Technik ausgerüstet. Zur Lösung von Programmieraufgaben, vor allem beim „Vor-Ort-Einsatz", wird zusätzlich für die S2000-S ein Handprogrammiergerät PG 101 mit den Parametern

— 2 × LCD-Anzeigezeile mit je 21 Zeichen
— 32 Kbyte EPROM
— 16 Kbyte RAM
— Schnittstellen für S2000-S, Drucker und Magnetband

realisiert.
Für S2000-S und S2000-R steht des weiteren das Löschgerät LÖ 101 zur Verfügung. Damit ist die Löschung des Anwenderprogrammes auf den Speichereinheiten möglich.
Bei freier Programmierung wird unterstellt, daß mit der Fachsprache und der Programmentwicklungstechnik eine wesentlich leistungsfähigere Softwareumgebung (mindestens Faktor 40) als bei Programmentwicklungen auf Assemblerniveau besteht.
Mit dem Softwarewerkzeug Fachsprache werden in Anlehnung an Bild 6 die Aktivitäten

— Streckenidentifikation und Entwurf des Steuergesetzes, derzeitig nur bei PROMAR für die Regelung gelöst (Aktivität 1)

Bild 6. Prinzipielle Arbeitsschritte bei der Entwicklung von Anwendersoftware
PROTES Testsystem; *IB* Inbetriebnahmesystem; *PS* Programmiersystem; *SI* Simulationssystem; *RE* Reglerentwurfssystem; *IDENT* Identifikationssystem



Tafel 8. Übersicht zu Softwaremodulen des PROMAR 5000

Prozeßkoppelmodule			
AE	Analogeingabe	BE	Binäreingabe
AA	Analogausgabe	BA	Binärausgabe
EM	Ereignismessen	FM	Frequenzmessen
IA	Inkrementausgabe	ZEB	Zähleingabe
FE	Feldeingabe	FA	Feldausgabe
Lineare Übertragungsglieder			
PID	PID-Regler	TR	Tastregler
DYN	Dynamikmodul	INTG	Integrierer
LZ	Laufzeitglied		
Nichtlineare Übertragungsglieder			
POT	Potenzierer	PLG	Polygonzug
TB	Totband	BG	Begrenzer
LN	Logarithmierer	RAD	Radizierer
BET	Betragsbildner	EXP	Exponierer
POL	Polynom	MIN	Minimumauswahl
MAX	Maximumauswahl	TRC	Truncate
LOS	Lose		
Rechenmodule			
ADD	Addierer	SUB	Subtrahierer
MUL	Multiplikator	DIV	Dividierer
MS	Mischstelle	INV	Inverter
VEC	Vektorberechnung	KON	Konvertierer
Signalaufbereitungsmodule			
ESV	Eingangssignal-verarbeitung	ASV	Ausgangssignal-verarbeitung
GB	Geschwindigkeits-begrenzung	PT1	PT1-Filer
		DPG	Dreipunktglied
PBM	Pulsbreitenmodulation	DA	Doppelantrieb
A 23	Analogwertauswahl 2 aus 3		
Logik- und Zeitmodule			
OR	logisches ODER	AND	logisches UND
AOR	logische Kombination UND/ODER	OAND	logische Kombination ODER/UND
XOR	logische Antivalenz	RS	RS-Flip-Flop
BWG	Binärwertgeber	B 23	Binärwertauswahl 2 aus 3
VR	Vor-/Rückwärtszähler	CMP	Komparator
AYI	Signaladapter byte/bit	AIY	Signaladapter bit/byte
AII	Signaladapter bit/bit	FD	Flankendiskriminator
IV	Impulsverzögerung	EV	Einschaltverzögerung
AV	Ausschaltverzögerung	US	Umkehrsperre
TG	Taktgenerator	TK	Taktkettensteuerung
AZG	Absolutzeitgeber		
CX	Corex		
hybride Übertragungsglieder			
GM	Grenzwertmelder	PS 1	Parameterschalter 1 Ebene
ZPS	Zeitplansteuerung		
HG	Halteglied	PS 4	Parameterschalter 4 Ebenen
		SCH	Schalter für Analogsignale
Pseudomodule			
BEGIN	Beginn einer VK	END	Ende einer VK
LOOPCO	Bedienmodul Regelung	JP	unbedingter Sprung
		JPZ	bedingter Sprung bei ZERO
LOOPLO	Bedienmodul Logikblock		
LOOPIN	Bedienmodul Eingang		
JPNZ	bedingter Sprung bei NOZERO		

— problemnahe Notation des Steuergesetzes bzw. der Verarbeitungsfunktionen mittels Modulbibliothek und Symbolik (Aktivität 2)
— Eingabe des Steuergesetzes und zugehöriger Daten mittels Editor sowie Compilierung des Quellprogrammes in das Maschinenniveau mittels Compiler (Aktivität 3)
— Laden und Testen des Anwenderprogramms (Aktivität 4)
— Programmierung der Speichereinheit (Aktivität 5)

ausgeführt.

Mit der Notation des Steuergesetzes werden die Module zu einer Liste (Anweisungsliste oder Modulverbindungsliste) als Grundlage der Anwendersoftware verkoppelt. Im Ergebnis der Editierung entstehen Quelldateien der in Verarbeitungsketten aufteilbaren Anwendersoftware, und nach der Compilierung liegt die auf EPROMs abzuspeichernde Anwendersoftware vor.
Der Anwender benötigt bei Einsatz beider Fachsprachen

— Grundkenntnisse des Betriebssystems UDOS [3]
— Erfahrungen in der Automatisierungstechnik
— eine Einarbeitungszeit in die Fachsprachen von etwa 1 bis 3 Monaten.

Während bei der S2000-S eine compilierte Anwendersoftware zur Abarbeitung gelangt, gibt es bei der S2000-R aufgrund der zulässigen größeren Zykluszeiten für verfahrenstechnische Aufgaben eine interpretativ arbeitende Anwendersoftware. Das Niveau und die Effizienz der Fachsprachen werden maßgeblich durch das Leistungsvermögen der verfügbaren Module bestimmt (Tafel 8). Beide Sprachen sind derzeit nicht offen hinsichtlich der Erweiterung der Modulbibliothek durch den Anwender.

Zusammenfassung

Im Beitrag wird das prozeßnahe Steuerungs- und Regelungssystem EAW-electronic S2000 mit den Teilkonfigurationen S2000-S und S2000-R hinsichtlich seiner Hard- und Softwarekomponenten im Überblick vorgestellt. Kennzeichen des Systems sind insbesondere

— leistungsfähige Softwarewerkzeuge (CAD-Technologie) in Form der Fachsprachen PROLOG-S für die Steuerung und PROMAR 5000 für die Regelung zur Einsatzvorbereitung, u. a. Entwicklung der Anwendersoftware
— internationale Spitzenwerte bei der Anzahl einsetzbarer Softwarefunktionsbausteine (135)
— eine einheitliche, robuste, kompaktmodulare Bauweise, entsprechend dem internationalen Stand, für Steuerung und Regelung
— robuste, zuverlässige Funktion bei Umgebungsbedingungen mit internationalen Spitzenwerten im Umgebungstemperaturbereich von 65 °C.

Literatur

[1] VEB Kombinat EAW „Friedrich Ebert" Berlin-Treptow: Angebotsunterlage Steuern und Regeln mit EAW-electronic S2000. Januar 1987.
[2] Schmidt, P.; Günther, W.: Anwendung des Mikroprozessorreglers aus dem System ursamar 5001 als universelles Steuerungs- und Regelungsgerät. msr, Berlin 31 (1988) 2, S. 54—60.
[3] Classen, L.; Oeffler, U.: Wissensspeicher Mikrorechnerprogrammierung. Berlin: VEB Verlag Technik 1986.
[4] VEB Kombinat EAW „Friedrich Ebert" Berlin-Treptow: PROLOG 2, ursatron 5000. Band 12.
[5] Korner, E.; Könitzer, L.: EAW-electronic S2000 — ein Gerätesystem zur prozeßnahen Automatisierung. impuls (1987) 1, S. 9—16.
[6] Rieger, P.; Bischoff, H.: CAD-Hilfsmittel für die Identifikation, Regelkreissynthese und Simulation zur Anwendungsvorbereitung des PROCESS CONTROLLER R 5010. msr, Berlin 28 (1985) 6, S. 249 bis 252.
[7] Müller, W.-R.; Will, Th.: Anwenderprogrammentwicklung für den PROCESS CONTROLLER R 5010. msr, Berlin 28 (1985) 6, S. 252 bis 257.
[8] Schmidt, P.: Zur universellen Anwendung der Mikroprozessorregler- und Einfachmikrorechnerlinie ursamar 5000. impuls (1983) 3, S. 99 bis 103.

msr 8854

W. Mutschkin

Direkte digitale Regelung nach dem Prinzip der Lokalisation

0. Einleitung

Das Prinzip der Lokalisation ist ein Entwurfsverfahren für Regler an Regelstrecken, deren Parameter sich schnell ändern bzw. nicht vollständig bekannt sind. Die theoretischen Grundlagen dazu wurden für eine große Klasse von Regelstrecken von A. S. WOSTRIKOW erarbeitet [1] bis [3]. Für die digitale Realisierung dieses Prinzips ist die Erarbeitung spezieller Entwurfsmethoden unumgänglich, wenn keine genügend gute Approximation an das Verhalten des kontinuierlichen Reglers durch eine kleine Tastperiodendauer gesichert werden kann. Im vorliegenden Beitrag wird ein möglicher Zugang zum Entwurf digitaler Regler für eine Klasse linearer Eingrößenregelstrecken mit veränderlichen Parametern gezeigt.

1. Formulierung der Aufgabenstellung

Es wird eine Regelstrecke vorausgesetzt, deren Verhalten durch eine Differenzengleichung der Form

$$x_{k+1} = -\boldsymbol{a}_k x_k + \boldsymbol{b}_k u_k + \varphi_k \tag{1}$$

beschrieben werden kann. Dabei sind

$$\boldsymbol{x}_k^T = (x_k, \dots, x_{k-n+1}), \quad \boldsymbol{u}_k^T = (u_k, \dots, u_{k-n+1})$$

Vektoren, die durch die Folge der zurückliegenden Werte gebildet werden.
Für die Eingangsgrößen soll gelten: u_k = konst. im Intervall $\{kT, (k+1)T\}$, $k = 0, 1, 2, \dots$
Für die Vektoren der veränderlichen Koeffizienten der Strecke $-\boldsymbol{a}_k = (a_{n-1,k}, \dots, a_{0,k})$, $\boldsymbol{b}_k = (b_{n-1,k}, \dots, b_{0,k})$, sind untere und obere Grenzen bekannt. φ_k ist eine nicht meßbare Störgröße.
Für den Entwurf ist als erstes die gewünschte Dynamik des geschlossenen Kreises in Form einer Funktion vorzugeben:

$$F(w_k, \boldsymbol{x}_k) = -\boldsymbol{c}\boldsymbol{x}_k + c_w w_k . \tag{2}$$

Dabei sind $\boldsymbol{c} = (c_{n-1}, \dots, c_0)$ und c_w ein Satz konstanter Koeffizienten und w die Führungsgröße. Die Steuergröße, die das Prinzip der Lokalisation erfüllt, nimmt damit die Form

$$u_k = K \cdot (F - x_{k+1}) \tag{3}$$

an, wobei K der Verstärkungsfaktor des Reglers ist. Das durch (1) bis (3) beschriebene System ist im Bild 1 dargestellt. Charakteristisch ist der innere, „lokale" Kreis mit der Größe x_{k+1}, die von der Dynamik der Strecke und der äußeren Störung nur wenig abhängt.
Folgende Unterschiede zur kontinuierlichen Realisierung in [4] ergeben sich im diskreten Fall:

- Die Ausregelung von Störungen erfolgt nur zu den diskreten Zeitpunkten kT, wobei für größere T die geforderten Eigenschaften schlechter eingehalten werden (besonders bei schnellen Störungen).
- Der Übergangsprozeß im inneren Kreis (schnelle Änderungen) hängt von der Tastperiodendauer T ab, das Übergangsverhalten der Regelgröße (langsame Änderungen) wird durch (2) bestimmt.
- Auch im Falle der idealen Bestimmung der Größe x_{k+1}, die im realen System natürlich nicht vorkommt, ist es nötig, eine dynamische Korrektur der Stellgröße vorzunehmen.

Dr.-Ing. VLADISLAW S. MUTSCHKIN (33) studierte von 1970 bis 1975 Automatisierungstechnik am Nowosibirsker Elektrotechnischen Institut (NETI) und arbeitete als Aspirant von 1979 bis 1983 im gleichen Institut. Wissenschaftsbereich Automatisierungstechnik und Telemechanik (AIT). 1984 Promotion A (Direkte digitale Regelung). Seit 1983 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl AIT. 1986 bis 1987 10monatiger Studienaufenthalt an der TU Karl-Marx-Stadt, Sektion Automatisierungstechnik.

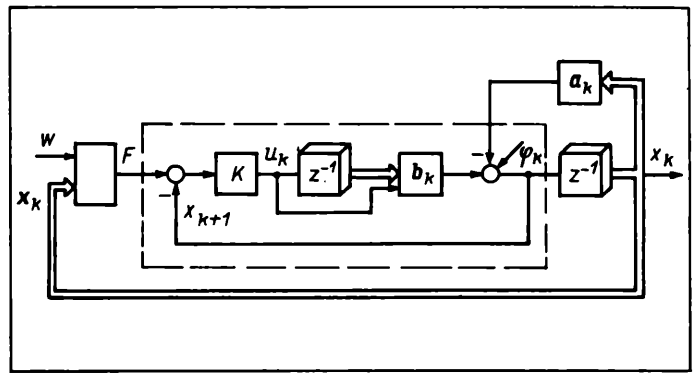


Bild 1. Idealisiertes Signalflußbild zum Prinzip der Lokalisation

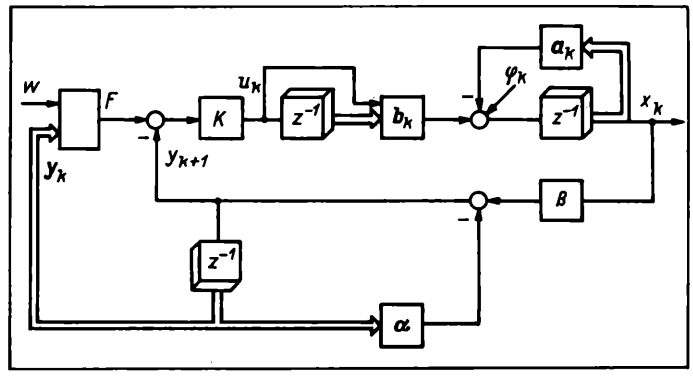


Bild 2. Signalflußbild des Systems mit Korrekturfilter

Damit werden die Wahl der Tastperiodendauer T, Sicherung der Stabilität und der nötigen Geschwindigkeit der Übergangsprozesse im inneren Kreis zu wesentlichen Aufgaben der Reglerdimensionierung.

2. Korrektur des inneren Kreises

Zu diesem Zweck wird in das System ein dynamisches Glied der Form

$$y_{k+1} = -\boldsymbol{\alpha}\boldsymbol{y}_k + \beta x_k \tag{4}$$

eingeführt, mit

$$\boldsymbol{y}_k^T = (y_k, \dots, y_{k-n+1}),$$

$\boldsymbol{\alpha} = (\alpha_{n-1}, \dots, \alpha_0)$, β ein Satz konstanter Parameter.
Es läßt sich nun die Stellgröße (3) unter Verwendung von y_{k+1} und y_k schreiben als

$$u_k = K \cdot [F(w_k, \boldsymbol{y}_k) - y_{k+1}] . \tag{5}$$

Damit erhält man ein System, dessen Signalflußbild im Bild 2 dargestellt ist.
Das weitere Vorgehen ist analog zu [4]. (1), (2), (4) und (5) lassen sich zu einem äquivalenten System umwandeln, in dem die Wertefolge $x_{k+1}, x_k, \dots, x_{k-n+1}$ das dynamische Glied (4) passiert und danach im Block F die Steuergröße (5) bildet. Diese Überlegung erlaubt es auch, den Kreis der Lokalisation (inneren Kreis) abzuspalten, der im Bild 3 dargestellt ist.
Nun erhält man unter der Annahme, daß die Elemente des Vektors $\boldsymbol{b}$ fixiert sind, die charakteristische Gleichung dieses Kreises

$$z^n + \sum_{i=0}^{n-1} (\alpha_i + \beta K b_i)\, z^i = 0 . \tag{6}$$

Um die Parameter des Gliedes (4) zu berechnen, sind die Wurzeln von (6) festzulegen. Zum Beispiel im einfachsten Fall $z_i = 0$

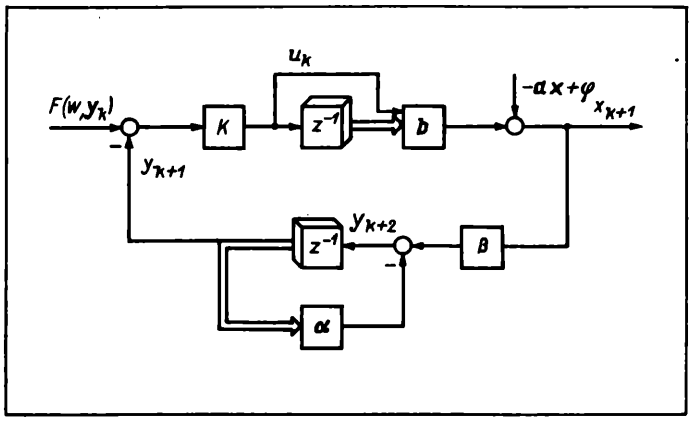


Bild 3. Signalflußbild des Lokalisationskreises für den Entwurf des Korrekturfilters

($i = 1, \ldots, n$), um die minimale Ausgleichszeit im Kreis der Lokalisation zu erhalten, entsteht ein Gleichungssystem

$$\alpha_i = -\beta K b_i , \qquad i = 0, \ldots, n-1$$

und als Ergänzung die Bedingung

$$\beta = 1 + \sum_{i=0}^{n-1} \alpha_i ,$$

die für das Glied (4) $y(1)/x(1) = 1$ sichert. Man erhält

$$\beta = \frac{1}{1 + KB(1)} ,$$

$$\alpha_i = \frac{-Kb_i}{1 + KB(1)} , \qquad i = 0, \ldots, n-1 , \tag{7}$$

mit

$$B(1) = \sum_{j=0}^{n-1} b_j .$$

Nach Beendigung des Übergangsprozesses im inneren Kreis gelten

$$y_{k+1} = x_{k+1} , \qquad y_k = x_k ,$$

$$x_{k+1} = \frac{KB(1)}{1 + KB(1)} F(w_k, x_k) - \frac{a_k x_k}{1 + KB(1)} + \frac{\varphi_k}{1 + KB(1)} . \tag{8}$$

Daraus folgt, daß bei genügend großem K $x_{k+1} \approx F(w, x_k)$ wird und das Verhalten der Regelgröße sich der gewünschten Dynamik annähert und beliebig wenig von der Dynamik der Regelstrecke (a_k, x_k) und den Störungen (φ_k) abhängt. (8) dient der Berechnung des Verstärkungsfaktors K, der die geforderte Genauigkeit der Regelung sichert.

Aus der Analyse des inneren Kreises bei Veränderung der Koeffizienten b_i folgt, daß bei Vergrößerung der b_i Stabilitätsprobleme auftreten. Deshalb wählt man für die Berechnung Werte in der Nähe der oberen Grenzen der b_i ($b_{i0} = (0{,}5 \ldots 0{,}8)\, b_{i\,max}$). Verkleinern sich die Koeffizienten b_i gegenüber den angenommenen Werten, so verlangsamen sich die Ausgleichsvorgänge im inneren Kreis. In diesem Falle muß eine „Teilung der Geschwindigkeiten" der Ausgleichsvorgänge durch Verringerung von T vorgenommen werden. Daraus ergibt sich, daß ein großer Änderungsbereich der b_i eine kleine Tastperiodendauer bedingt. In der Mehrzahl der praktisch realisierten Fälle wird T so gewählt, daß der Ausgleichsvorgang der Regelgröße nicht schneller als (50 ... 100) T ist.

Manchmal ist zur Einhaltung einer guten Annäherung an F die Realisierung eines großen Verstärkungsfaktors K erforderlich. Durch die Einführung eines Integrators anstelle des Faktors K kann eine Beseitigung des statischen Fehlers erreicht werden.

Die charakteristische Gleichung des inneren Kreises wird damit zu

$$z^{n+1} + (\alpha_{n-1} - 1) z^n + \sum_{i=1}^{n-1} (\alpha_{i-1} - \alpha_i + \beta K b_i) z^i - \alpha_0 + \beta K b_0 = 0 . \tag{9}$$

Setzt man der Einfachheit halber wieder $z_i = 0$, so erhält man

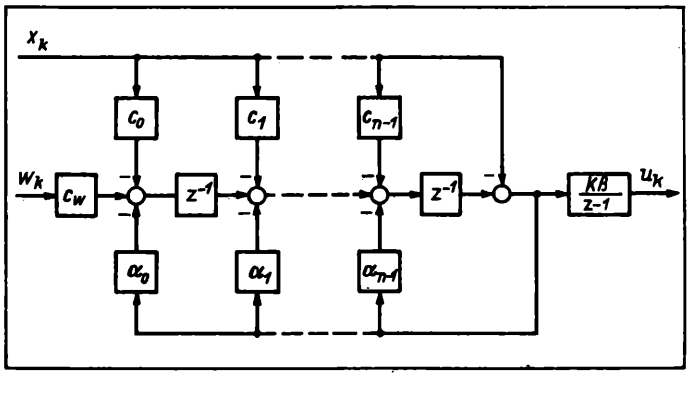
$$\alpha_{n-1} = 1 , \qquad \alpha_i = B^{-1}(1) \sum_{j=0}^{i} b_j , \qquad i = 0, \ldots, n-2 , \tag{10}$$

$$\beta = 1 + \sum_{i=0}^{n-1} \alpha_i , \qquad K = [\beta \cdot B(1)]^{-1} .$$

Es bleibt zu bemerken, daß die Forderung $z_i = 0$, $i = 1, \ldots, 1 + n$, zwar die Berechnung vereinfacht, jedoch oft unnötig streng ist. Die nach diesem Entwurfsverfahren berechneten Regler sind empfindlich gegen Quantisierungsfehler der verwendeten Arithmetik und der AD-/DA-Wandler.

Die unmittelbare Realisierung des diskreten Systems entsprechend Bild 2 bewirkt infolge der eingefügten Trägheit (4) eine Verschlechterung des Führungsverhaltens. Dieser Effekt kann auch an kontinuierlichen Systemen auftreten [5]. Der Grund dafür ist, daß die Parameter des dynamischen Gliedes nach (4) in die Führungsübertragungsfunktion $X(z)/W(z)$ eingehen. Zur Korrektur dieses Effektes muß man die Führungsgröße w auch durch das Glied (4) gehen lassen. Zur Senkung des gerätetechnischen und/oder algorithmischen Aufwandes bei der Realisierung des Reglers hat sich besonders die im Bild 4 dargestellte Struktur bewährt [5].

Bild 4. Signalflußbild eines PL-Reglers



3. Entwurfsbeispiel und Simulationsergebnisse

Als Beispiel sollen die Simulationsergebnisse eines diskreten PL-Reglers (Regler nach dem Prinzip der Lokalisation) an einer Strecke 2. Ordnung

$$9\ddot{x} + 6{,}8\dot{x} + x = K_s u + \varphi(t) \tag{11}$$

mit unterschiedlicher Streckenverstärkung und an einer instabilen Strecke

$$9\ddot{x} + 3{,}2\dot{x} - x = u$$

diskutiert werden. Der PL-Regler wurde für $K_S = 1$ und eine Tastzeit von $T = 0{,}5$ s entworfen. Die gewünschte Dynamik wurde zur besseren Beobachtbarkeit der Bewegungen des inneren Kreises gleich der Dynamik der Strecke, also entsprechend (11) mit $K_S = 1$ gewählt. Folglich muß sich die Steuergröße sprungförmig ändern, wenn die Regelgröße bei entsprechender Änderung von w oder φ die gewünschte Dynamik einhalten soll. Es ergeben sich damit folgende Reglerparameter:

$$\alpha_0 = 0{,}47 , \qquad \alpha_1 = 1 , \qquad \beta K = 44 ,$$

$$c_0 = 0{,}687 , \qquad c_1 = -1{,}664 , \qquad c_w = 0{,}023 .$$

Im Bild 5 sind die Verläufe $x(t)$ und $u(t)$ für drei Werte von K_S und für die instabile Strecke bei sprungförmiger Führungsgrößenänderung dargestellt.

$K_S = 1$: Die Änderung der Steuergröße ähnelt einer Sprungfunktion, der Ausgleichsvorgang im inneren Kreis ist nach drei Takten beendet.

$K_S = 2$: Die Steuergröße führt wenig gedämpfte Schwingungen aus. Daran wird deutlich, daß sich der innere Kreis am Rande des Stabilitätsgebietes befindet. Wegen der hohen Frequenz der Schwingungen ist der Einfluß auf den Übergangsprozeß $x(t)$ gering.

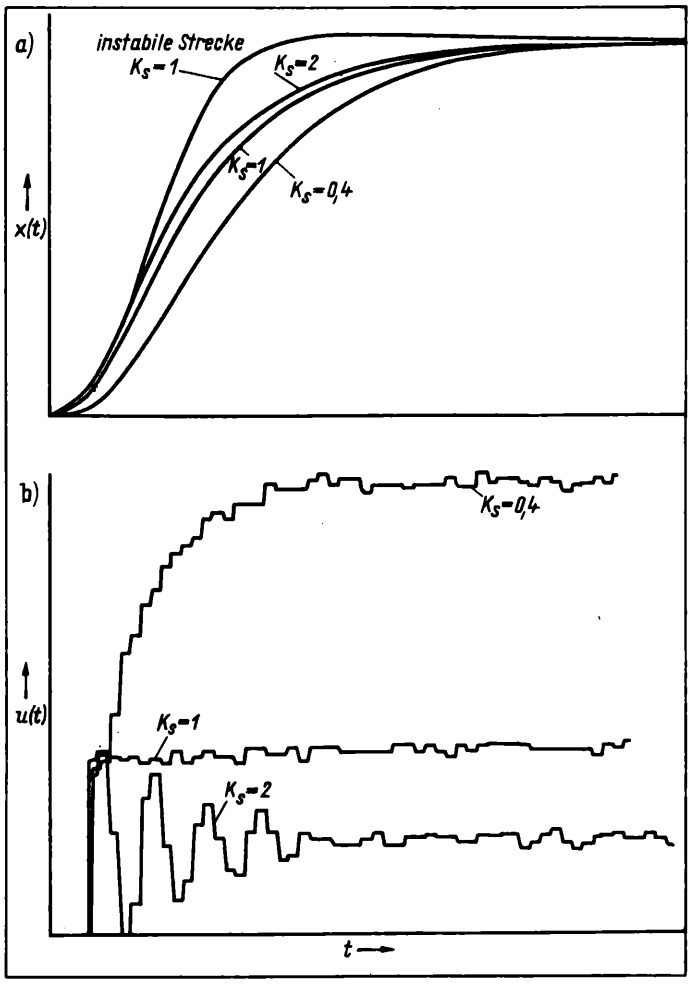


Bild 5. Führungsverhalten des untersuchten Regelkreises
a) $x(t)$ bei sprungförmiger Änderung der Führungsgröße; b) $u(t)$ bei sprungförmiger Änderung der Führungsgröße

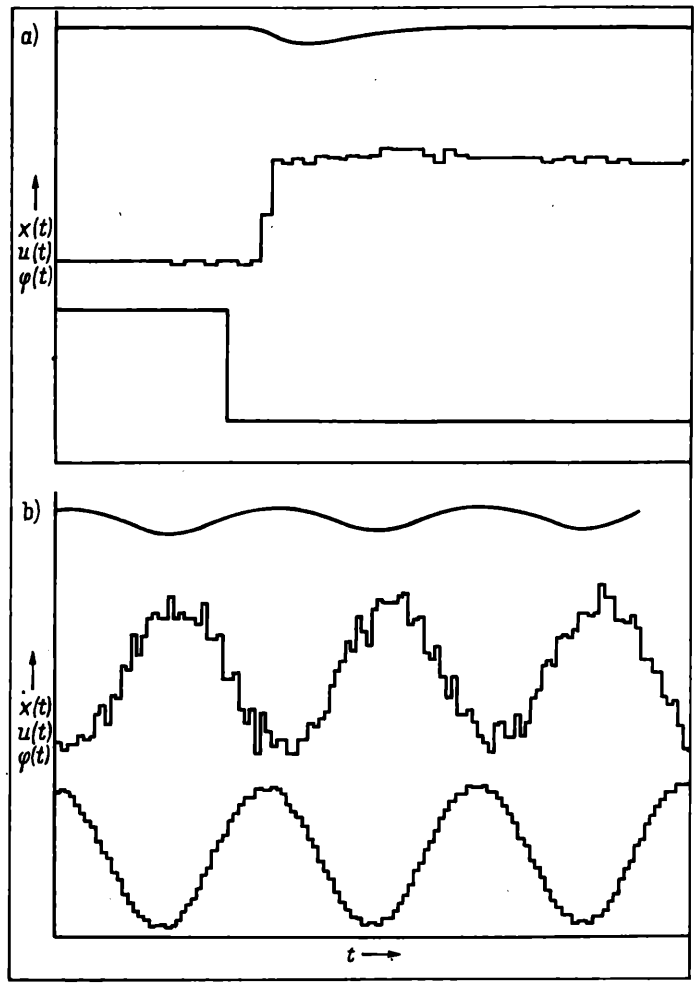


Bild 6. Störübergangsverhalten des untersuchten Regelkreises
a) $x(t)$ bei sprungförmiger Änderung der Störgröße; b) $x(t)$ bei sinusförmiger Störgröße

$K_S = 0{,}4$: Die Änderung der Steuergröße ist gedämpft und unterscheidet sich wesentlich von einer Sprungfunktion. Aus diesem Grunde ist eine größere Abweichung zwischen $x(t)$ und der gewünschten Dynamik zu beobachten.

Bild 5a zeigt, daß trotz großer Änderung der Streckenverstärkung und sogar für eine instabile Strecke die gewünschte Dynamik mit dem gleichen Regler näherungsweise erreicht wird.
Bild 6a zeigt die Ausregelung von sprungförmigen Störungen $\varphi(t) = -1/2 \cdot 1(t)$ und Bild 6b die Ausregelung der sinusförmigen Störung $\varphi(t) = 0{,}2 \sin(0{,}1t)$.
Die Simulationsergebnisse wurden mit Hilfe des Programmsystems DDC-DIALOG [6] gewonnen.

Zusammenfassung

Diskrete Regler, die nach dem Prinzip der Lokalisation entworfen sind, sichern das gewünschte dynamische Verhalten der Regelgröße an Regelstrecken mit zeitvarianten bzw. nicht genau bekannten Parametern. Für den Entwurf des Reglers ist die Kenntnis der Grenzen, in denen sich die Parameter ändern, ausreichend.
Die Güte, mit der die gewünschte Dynamik eingehalten wird, hängt davon ab, in welchem Maße es gelingt, den inneren Kreis schneller zu machen als den äußeren. Diese „Teilung der Geschwindigkeiten" wird im wesentlichen durch die Wahl der Tastperiodendauer beeinflußt. Dank der Robustheit der Regelung in bezug auf die Eigendynamik der Strecke kann die vorgestellte Realisierung des Prinzips der Lokalisation auch für die Regelung nichtlinearer Regelstrecken empfohlen werden.

Literatur

[1] Wostrikow, A. S.: Uprawlenie dinamistcheskimi objektami (Regelung dynamischer Regelstrecken). NETI Nowosibirsk 1979.
[2] Wostrikow, A. S.; Utkin, W. I.; Franzusowa, G. A.: Sistemi s proiswodnoj wektora sostojanija w uprawlenii (Systeme mit der Ableitung des Zustandsvektors in der Steuergröße). Awtomatika i telemechanika. (1982) 3.
[3] Wostrikow, A. S.: Prinzip lokalisazii: sostojanie i sadatschi issledowanija (Prinzip der Lokalisation: Stand und Untersuchungsaufgaben) Awtomatitscheskoe uprawlenie objektami s peremennimi charakteristikami. NETI Nowosibirsk 1986.
[4] Sarytschewa, O.; Neumann, R.: Regelung nach der höchsten Ableitung der Regelgröße. msr, Berlin 29 (1986) 9, S. 394—396.
[5] Sarytschew, S. P.: Nejawnaja realisazija uprawlenija po wektoru skorosti. (Indirekte Realisation der Regelung nach dem Geschwindigkeitsvektor) Awtomatitscheskoe uprawlenie objektami s peremennimi charakteristikami. NETI Nowosibirsk 1986.
[6] Neumann, R.: Programmdokumentation DDC-DIALOG. Sektion Automatisierungstechnik, Wissenschaftsbereich 14230, der TU Karl-Marx-Stadt.

msr 8717

Untersuchungen zur Leistungseinschätzung des Systems Arzt/Schnittbild in der visuellen Ultraschalldiagnostik

0. Einleitung

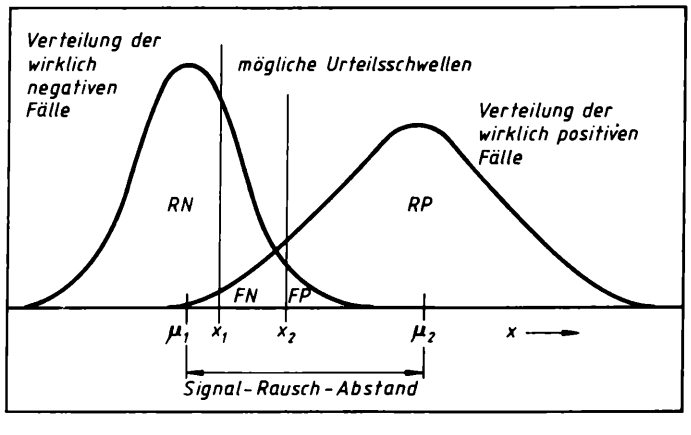
In der Ultraschalldiagnostik spielt die visuelle Auswertung von Schnittbildern eine große Rolle. Die immer wieder notwendig werdende Einschätzung der Leistungsfähigkeit muß den diagnostizierenden Arzt mit einschließen. Es ist eine Systemeinschätzung Schnittbild/Arzt vorzunehmen. Bei einer solchen Aufgabe besteht die Gefahr, daß subjektive Faktoren dominieren. Es existiert jedoch die Möglichkeit der Objektivierung durch die Ermittlung der Empfänger-Arbeits-Charakteristik. Dazu ist es notwendig, Entscheidungssituationen mit unterschiedlichen Schwellen zu schaffen. Der Diagnostiker wird hier mit der gleichen Situation konfrontiert, die in der Theorie des Signalempfangs als fundamentales Urteilsproblem bezeichnet wird [1].
Um die geforderten Entscheidungssituationen bei unterschiedlichen Schwellen herbeizuführen, wurden gewebeäquivalente Materialien hergestellt, in die zu erkennende Ziele eingebettet wurden. Der Störuntergrund wurde durch Veränderung der Konzentration nicht auflösbarer Streuer im Material realisiert und so die gewünschte Schwelle durch Veränderung des Signal-Rauschabstandes eingestellt. Die von diesen Phantomen erzeugten Schnittbilder wurden einem Personenkreis zur Erkennung des signalerzeugenden Zieles vorgelegt. Bei diesem Versuch wurde eine Gruppe von Personen ausgewählt, die keine Erfahrung in der Beurteilung von Schnittbildern besaß, um ein Vorurteil möglichst auszuschließen. Die geforderte Entscheidung wird entsprechend einer Entscheidungsskala von „sicher vorhanden" bis „sicher nicht vorhanden" abgestuft.

1. Theoretischer Hintergrund

Der Einfachheit halber sei nur der binäre Empfang betrachtet. Daraus ergeben sich 2 Fälle:

1. Es existiert ein Grauwert, der dem Signal des zu erkennenden Objekts und der Störung zugeordnet wird. Er sei mit s_0 bezeichnet.
2. Der Grauwert wird nur durch das Störsignal verursacht. (Grauwerte entstehen durch nicht auflösbare akustische Rückstreuung, z. B. Speckles, und durch elektronisches Rauschen.) Er sei mit s_N bezeichnet.

Bild 1. Grafische Darstellung des Modells für die bialternative Urteilsaufgabe (verändert nach METZ); μ_1, μ_2: Mittelwerte der Verteilungen



Die bei Fehlentscheidungen eventuell auftretenden Nachteile werden vernachlässigt. Sie seien bei richtiger Entscheidung Null und bei falscher Entscheidung gleich Eins gesetzt. Von einer Minimierung der Fehlerwahrscheinlichkeit durch Wichtung mit den Kosten sei also abgesehen.
Die theoretische Grundlage läßt sich aus der Bayesschen Regel herleiten, wenn man davon ausgeht, daß der Empfänger nur Wahrscheinlichkeitsaussagen liefert. Es gilt dann:

$$p(s_{0,N} \mid g) = \frac{p(s_{0,N}) \cdot p(g \mid s_{0,N})}{p(s_0) \cdot p(g \mid s_0) + p(s_N) \cdot p(g \mid s_N)}. \qquad (1)$$

$p(s_{0,N})$ A-priori-Wahrscheinlichkeit der Ursache $s_{0,N}$

$p(s_{0,N} \mid g)$ ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß $s_{0,N}$ den Grauwert g verursacht. Also ist $p(s_{0,N} \mid g)$ die A-posteriori-Wahrscheinlichkeit von $s_{0,N}$.
Sie mißt die Wahrscheinlichkeit, mit der das Ereignis s_0 oder s_N auftritt, wenn der Grauwert g gemessen wurde. Die Entscheidung fällt dann für das Signal s_N, wenn bei einem gemessenen Grauwert g das Likelihood-Verhältnis

$$L = \frac{p(g \mid s_0)}{p(g \mid s_N)} < \frac{p(s_N)}{p(s_0)} \quad \text{ist,}$$

oder bei Berücksichtigung beider Entscheidungsmöglichkeiten

$$\frac{p(g \mid s_0)}{p(g \mid s_N)} \lessgtr \frac{p(s_N)}{p(s_0)},$$

je nachdem, ob für s_N oder s_0 entschieden wird.
Da das Empfängersystem nur Wahrscheinlichkeitsaussagen produziert, ergeben sich für das Objektsignal und das Störsignal Verteilungen über den Grauwerten. Diese Verteilungen können sich überlagern, so daß eine Entscheidungsschwelle existiert, die variiert werden kann (siehe Bild 1).
Damit ergeben sich die Aussagen *RP* für die dem zu erkennenden Objekt zugeordnete Grauwertverteilung und *RN* für die der Störung zugeordnete Grauwertverteilung sowie *FP* und *FN* für die entsprechenden Teile der Überlappung. Auf die theoretischen Einzelheiten soll hier verzichtet werden. Sie sind sehr ausführlich in [1] bis [5] dargestellt.

2. Methodik und Ergebnisse

Aus Bild 1 ergibt sich, daß die Werte der Verteilung der richtig positiven (*RP*) oder $p(g \mid s_0)$ und der falsch positiven (*FP*) oder $p(g \mid s_N)$ Entscheidung immer zusammen steigen oder fallen.
Alle Kombinationen eines Testes liegen auf einer Kurve. Die Kurve wird Empfänger-Arbeits-Charakteristik (ROC Receiver Operating Characteristic) genannt. Auf der Ordinate trägt man die richtig positiven und auf der Abszisse die falsch positiven Entscheidungen auf.
Da das System Schnittbild/Arzt getestet werden soll, müssen dem Arzt verschiedene Entscheidungsschwellen gegeben werden. Sie werden

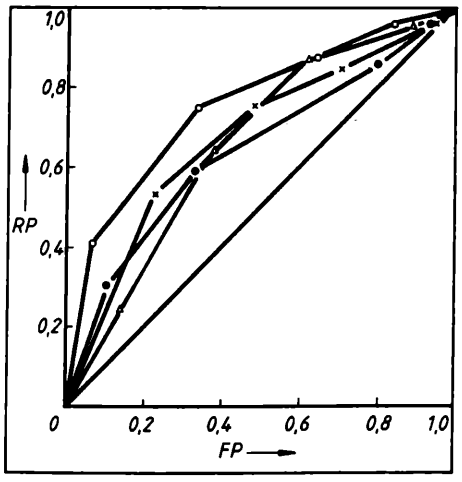


Bild 2. Kurven für das Sonodiagnost R bei vier verschiedenen Signal-Rausch-Abständen
● 1% PSS; ○ 3% PSS; × 5% PSS; △ 7% PSS

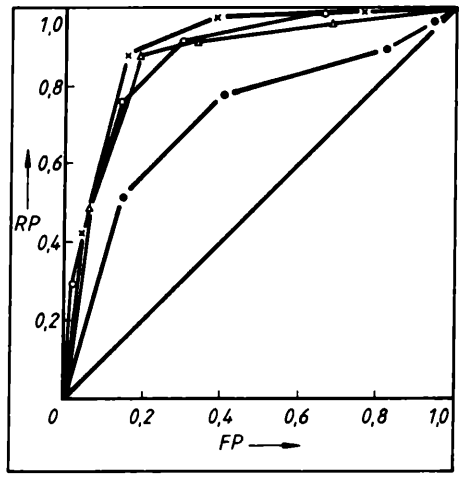


Bild 3. Kurven für das SAL-50 bei vier verschiedenen Signal-Rausch-Abständen
● 7% PSS; △ 1% PSS; × 5% PSS; ○ 3% PSS

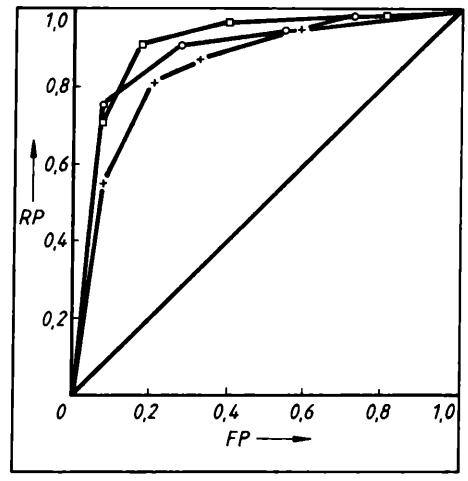


Bild 4. Kurven für das SB-30 bei drei verschiedenen Signal-Rausch-Abständen
+ 3% PSS; □ 5% PSS; ○ 7% PSS

in folgender Skala in fünf Kategorien zusammengefaßt. Für n Kategorien (hier $n = 5$) erhält man $n - 1$ Punkte auf der ROC-Kurve:

Kategorien	verbales Urteil
1	sicher oder fast sicher positiv
2	wahrscheinlich positiv
3	möglicherweise positiv
4	wahrscheinlich negativ
5	sicher oder fast sicher negativ.

Die vier Punkte auf der Kurve wurden auf folgende Weise erhalten:

1. Punkt: Die erste Kategorie wird als positiv beurteilt und die restlichen Entscheidungen (2 bis 5) als negativ. Das bedeutet eine sehr enge Schwelle.
2. Punkt: Die Kategorien 1 und 2 werden als positiv beurteilt und der Rest (3 bis 5) als negativ.
3. Punkt: Die Kategorien 1 bis 3 werden als positiv und die beiden letzten als negativ beurteilt.
4. Punkt: Es wird nur die letzte Kategorie als negativ beurteilt, alle anderen als positiv.

Das Ergebnis sind sogenannte Vierfeldertafeln. Aus ihnen werden die Wahrscheinlichkeiten für den *RP*-Anteil und den *FP*-Anteil ermittelt und entsprechend der Einteilung der Schwellen in das Koordinatensystem eingetragen.
Jeder Punkt besitzt aufgrund seiner nicht immer guten Reproduzierbarkeit eine Standardabweichung. Sie errechnet sich aus

$$\sigma(RP) = \sqrt{\frac{RP \cdot (1 - RP)}{(\text{Anzahl der tatsächlichen } s_0) - 1}}$$

und

$$\sigma(FP) = \sqrt{\frac{FP \cdot (1 - FP)}{(\text{Anzahl der tatsächlichen } s_N) - 1}}.$$

3. Experimentelle Ergebnisse

Es wurden gewebeäquivalente Materialien hergestellt, deren Grundsubstanz aus Gelatine bestand, in die Streuer (PSS 134) mit einem Durchmesser von etwa 100 µm eingebracht wurden. Die Streuerkonzentrationen betrugen 1, 3, 5 und 7%. Diese Streuer produzierten die akustische Störung s_N, da sie durch das System im einzelnen nicht abgebildet werden konnten. In einige dieser Phantome wurden Kugeln aus demselben Material mit einem Durchmesser von 4 mm als zu erkennende Objekte eingebracht.
Von den Phantomen wurden Schnittbilder von drei Ultraschall-Schnittbildsystemen hergestellt. Es waren dies das SAL-50 (*Toshiba*), das Sonodiagnost R (*Philips*) und das SB-30 (*TuR*, BT Ultraschalltechnik Halle).
Die Fotos dieser Schnittbilder wurden einer Gruppe von 14 Medizinstudenten im höheren Semester zur Beurteilung vorgelegt. Sie mußten entsprechend den oben genannten Kategorien ihre Urteile abgeben. Die Versuchsbedingungen wurden für alle Aufnahmen konstant gehalten.
Die Ergebnisse sind in den Bildern 2 bis 6 dargestellt.
Das Bild 2 zeigt die Kurven für alle verwendeten Streuerkonzentrationen beim Sonodiagnost R. Man erkennt, daß keine signifikante Abhängigkeit von der akustischen Störung vorhanden ist. Es kann daraus gefolgert werden, daß die Bilder insgesamt stark verrauscht sind, was auch durch bloße visuelle Betrachtung bestätigt wird. Die Kurven liegen recht nahe an der sogenannten „Ratelinie" (Diagonale).

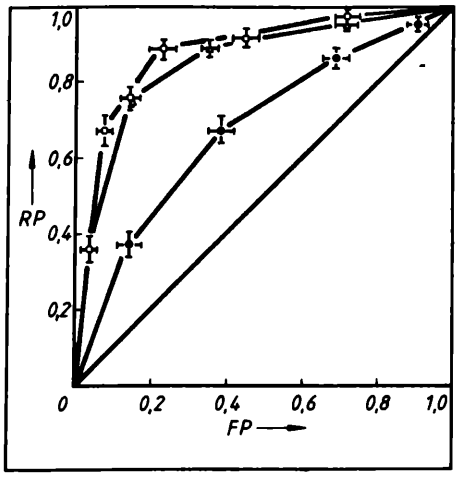
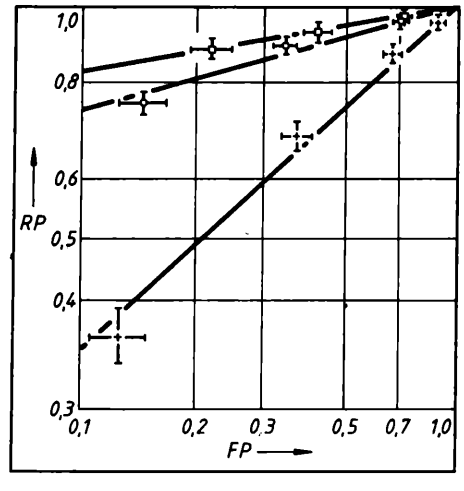


Bild 5. Über alle verwendeten Signal-Rausch-Abstände gemittelte Werte (Summenkurven) für die drei Schnittbildsysteme
● Sonodiagnost R; △ SAL-50; ○ SB-30

◀



▶

Bild 6. Der gleiche Sachverhalt des Bildes 5 in logarithmischer Darstellung
+ Sonodiagnost R; □ SB-30; ○ SAL-50

Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse beim SAL-50. Wie aus Bild 3 ersichtlich, tritt eine signifikante Verschlechterung bei einer Streuerkonzentration von 7% auf. Die hier zu erwartenden Verhältnisse entsprechen denen beim Sonodiagnost R.

Die Kurven für das SB-30 zeigen eine gute Leistungsfähigkeit, die durch die Darstellung im Bild 4 ausgewiesen ist. Die Leistungsfähigkeit des SB-30 ist vor allem bei hohem Störuntergrund (7% Streuerkonzentration) der des SAL-50 in dieser Aufgabenstellung überlegen. Faßt man die Ergebnisse aller Signal-Rausch-Abstände in einer Kurve zusammen und vergleicht die Ergebnisse aller drei Systeme, so zeigt das Sonodiagnost R die schlechteren Ergebnisse, während das SAL-50 und das SB-30 vergleichbar sind (Bild 5). Das liegt vor allem daran, daß sich beim SAL-50 bei hohem Störuntergrund die Erkennbarkeit sehr rasch signifikant verschlechtert, während diese Verschlechterung beim SB-30 für die gewählten Konzentrationen nicht auftritt.

Im Bild 6 sind die Kurven wegen der besseren Übersicht in logarithmischen Achsen dargestellt. Die Neigung der Geraden ist umgekehrt proportional zur Leistungsfähigkeit.

Die Untersuchungen wurden auch unter dem Aspekt komplizierter Detailerkennbarkeit bei Gewebeveränderungen durchgeführt und deuten darauf hin, daß der optimale Einsatz der Schnittbildsysteme sehr differenziert zu betrachten ist.

Literatur

[1] EGAN, J. P.: Signal Detection Theory and ROC-Analysis. New York: Academic press 1975.

[2] METZ, C. E.: Basic Principles of ROC-Analysis. Seminars in Nuclear Medicine, 8 (1978) 4.

[3] METZ, C. E. u. a.: Quantitative Evaluation of Medical Imaging. IAEA-SM-210/306.

[4] SISCHKA, F.: Zur Empfänger-Arbeits-Charakteristik des diagnostischen Systems Arzt-Schnittbildgerät und einige Konsequenzen für die visuelle Schnittbilddiagnostik. Diplomarbeit, MLU, Bereich Medizin, Institut für Angewandte Biophysik, Halle 1986.

[5] HEIN, H.-J.; SISCHKA, F.; MILLNER, R.: Remarks on the Receiver Operating characteristics of medical diagnostic system — some results of B-scan visual systems. Proceedings of the 3. Spring School on acousto-optics and applications, Gdansk/VR Polen 1986, pp. 177—186.

msr 8742

Doz. Dr. sc. nat. H.-J. HEIN und F. SISCHKA, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Angewandte Biophysik

Geschlossene Beschreibung statistischer Verteilungen

Der überwiegende Teil der in Naturwissenschaft und Technik auftretenden Verteilungsformen läßt sich zwanglos in eine geschlossene Familie zweiparametriger binomialer Verteilungen einordnen. Dabei umfassen die meist so allein benannten [1] nur eine begrenzte Untergruppe, den „Bernoulli-Bereich". Daneben steht der „Pascal-Bereich" (Negative Binomial-Verteilungen). Den Grenzübergang zwischen beiden bilden die „Poisson-Verteilungen". Gegeben ist stets (meist dimensionsbehaftet) $z_u = f(u)$ mit der diskreten Zufallsgröße u (einzeln oder in Klassen zusammengefaßt) als Argument und den (ebenfalls ganzzahligen) Teilmengen bzw. Klasseninhalten z_u. Mit evtl. Verschiebung der Bezifferung um a Stufen wird nun die (dimensionslose) Rechengröße $x = (u - a)/b$ eingeführt und weiter mit den Häufigkeiten $p_x = z_u/N$ gerechnet (N Gesamtmenge des Kollektivs).

Im betrachteten System läßt sich die Häufigkeitsverteilung eines statistisch einheitlichen Kollektivs allgemein mit Hilfe der Rekursionsformel [2]

$$p_x = p_{x-1} \cdot \frac{v}{1+v} \cdot \frac{k-1+x}{x} \tag{1}$$

mit

$$p_0 = (1+v)^{-k}$$

beschreiben.

(1) gilt unmittelbar für den Pascal-Bereich ($v > 0; k > 0$); mit negativen Parameterwerten ($v < 0$, $k < 0$) wird der Bernoulli-Bereich überdeckt. Für Poisson-Verteilungen ($v = 0, vk = \text{const.}$) ergibt der Grenzübergang den Ausdruck

$$p_x = p_{x-1} \cdot vk/x \tag{1a}$$

mit

$$p_0 = e^{-vk}.$$

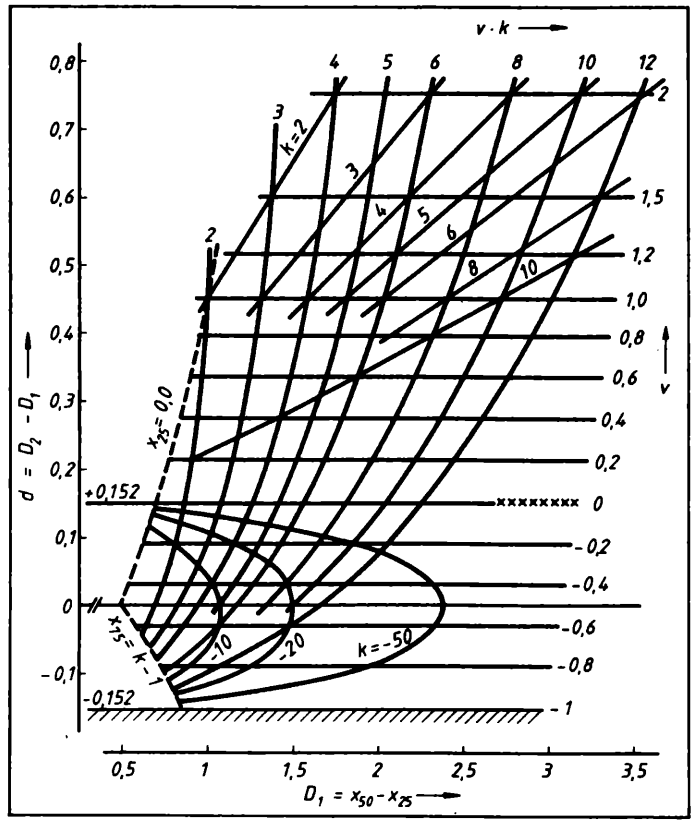
Unter prinzipieller Beibehaltung des linearen Maßstabs in x ist für alle Formen charakteristisch deren Unsymmetrie, die sich auch (besonders deutlich im Wahrscheinlichkeitsnetz) im Verlauf der „Summenkurve" [2] $S_x = \{p_x\}$ ausprägt ({ } oder [ ] Summensymbol nach C. F. GAUSS). Damit kann man umgekehrt aus dem gegebenen Werteverlauf S_x auf die Parameter v, k schließen: Dazu legt man zunächst (mit plausiblem Abgleich der als zufällig angenommenen Schwankungen) durch S_x eine stetige Interpolationskurve S'_x, aus der die zu $S'_{xi} = 25\%$, 50% und 75% gehörenden Argumente $x_i = x_{25}$, x_{50} und x_{75} bestimmt werden. (Wenn $S_0 > 25\%$, ist die Skala x vorzuverschieben und S_x zu extrapolieren. Sonst siehe (6) und folgende.) Aus $D_1 = x_{50} - x_{25}$ und $D_2 = x_{75} - x_{50}$ wird dann das „Unsymmetriemaß" $d = D_2 - D_1$ abgeleitet.

Bild 1 zeigt (nach oben und rechts offen) den Zusammenhang zwischen d, D_1 und v, k mit seinem fließenden Übergang vom Pascal-Bereich über die Poisson-Verteilungen zum Bernoulli-Bereich mit der gemäß (1) unteren Begrenzung $v > -1$. Auffällig ist die direkte Beziehung zwischen v und d, wofür sich im überstrichenen Gebiet leicht folgende Faustformel ableiten läßt:

$$v \cdot 0{,}3 = d - 0{,}15. \tag{2}$$

Man sieht, daß Symmetrie ($d = 0$), wie sie eine „Gauß-Verteilung" voraussetzt, nur im Spezialfall $v = -0{,}5$ auftritt. Überwiegend wird man feststellen, daß sich die Summenkurven im Wahrscheinlichkeitsnetz nach rechts krümmen ($d > 0$); ein Abbiegen nach oben ist auf Fälle $v < -0{,}5$ beschränkt. Die Asymmetrien drücken sich

Bild 1. Beziehungen zwischen den Parametern v, k und S_x-Werten D_1 und d



demgemäß auch in einem Unterschied zwischen x_{50} und dem arithmetischen Mittel $\bar{X} = vk$ aus. Die Faustformel

$$vk = x_{50} + 0{,}67 + v \cdot 0{,}34 \tag{3}$$

läßt sich für die Bestimmung von k benutzen, wenn $x = 0$ exakt definiert wurde. Das ist mit dem Wert vk im Bild 1 zu überprüfen, und gegebenenfalls ist der Wert x_{50} zu korrigieren.
Außerhalb Bild 1 ist bei $d > 1$ und $p_0 \leqq p_1$ der Parameter k näherungsweise

$$k = k_0^r \tag{4}$$

mit

$$k_0 = \sqrt{\frac{x_{50} \cdot (x_{50} + 1)}{(D_2 - 1) \cdot D_2}} \tag{4a}$$

und

$$r = 1{,}28 + 0{,}8 \cdot \lg k_0 \,. \tag{4b}$$

Den Parameter v erhält man dann aus (2) mit dem korrigierten Wert

$$d = (D_2 - D_1)\left(1 + \frac{0{,}0435}{k^2}\right). \tag{5}$$

Bei $k_0 < 1$ haben die Häufigkeitsverteilungen stets einen quasiexponentiellen Verlauf ($p_1 < p_0$). Dieser wird wesentlich von k beeinflußt und kann damit oft nur unbefriedigend durch eine „Exponential-Verteilung" [1] beschrieben werden. Demgegenüber bleibt (1) universell einsetzbar, auch dann, wenn D_1 und d wegen $x_{25} < 0$ nicht bestimmt werden können, allgemein bei $p_0 > 2p_1$. Hier gelten (nach plausiblem Abgleich) näherungsweise

$$k = \frac{p_1^2}{2p_0p_2 - p_1^2} \tag{6a}$$

und

$$v = \frac{p_1}{k \cdot p_0 - p_1} \,. \tag{6b}$$

Alle Ergebnisse sind nach der damit erreichten Approximationsgüte zu beurteilen. Dabei ist auch jeweils anhand der Verhältniswerte markanter Abweichungen Δ zur zugehörigen Streuung σ zu überprüfen, ob und wieweit die eingangs vorausgesetzte Zufallsbedingtheit wirklich eingehalten wurde. Bei (vgl. [3], S. 59)

$$\frac{\Delta}{\sigma} = \frac{|z_u - z_x|}{\sqrt{z_u(1 - z_u/N)}} \geqq 3 \tag{7}$$

muß man schließen, daß die Abweichung nicht zufällig, sondern systematisch bedingt ist. Beispielsweise stößt man bei allen Versuchen, in [2] das Kollektiv durch eine einzige Bernoulli-Verteilung zu approximieren, auf Fälle mit >3, so daß der Schluß auf ein Mischkollektiv gerechtfertigt erscheint.
Abschließend sei zur Ergänzung ein Vergleich mit den „Logarithmischen Verteilungen" [4] angestellt, mit denen K. DAEVES/A. BECKEL in Verfolgung ihrer Absicht, Häufigkeitsverteilungen durch Geraden im Wahrscheinlichkeitsnetz zu definieren, speziell die unsymmetrischen zu erfassen versucht hatten. Die Ergebnisse befriedigen jedoch nicht immer völlig (z. B. [4], S. 52). Auch wenn man formal durch zusätzliche Verschiebungen Geraden erzielen kann, sind direkte Rückschlüsse auf reale Gesetzmäßigkeiten aus den Manipulationen nicht ohne weiteres gerechtfertigt. Ohne Verzerrungen kommt man demgegenüber bei linearer Skala x aus. Dann erhält man für das erwähnte Beispiel, unter direkter Verwendung der Angaben der Originalquelle (A. FLEISCH/J. TRIPOD, 1942) sowie bei einer als zweckmäßig gefundenen Zuordnung $x = (u - 15)/5$, die S_x-Werte $D_1 = 3{,}38$; $d = 0{,}54$; $x_{50} = 12{,}14$ und damit $v = 1{,}3$ und $k = 10{,}2$. Die danach mit (1) berechneten p_x ergeben die Häufigkeiten $p_u = p_x + p_{x-1}$ sowie die Zwischenwerte $p_x + p_{x+1}$, wobei die Einhüllende auch beliebig Angaben für Klassen gleicher Breite bei anderen Grenzen liefert. Der Vergleich mit dem originalen Stufendiagramm zeigt ohne weiteres Probieren hohe Anpassungsgüte; die

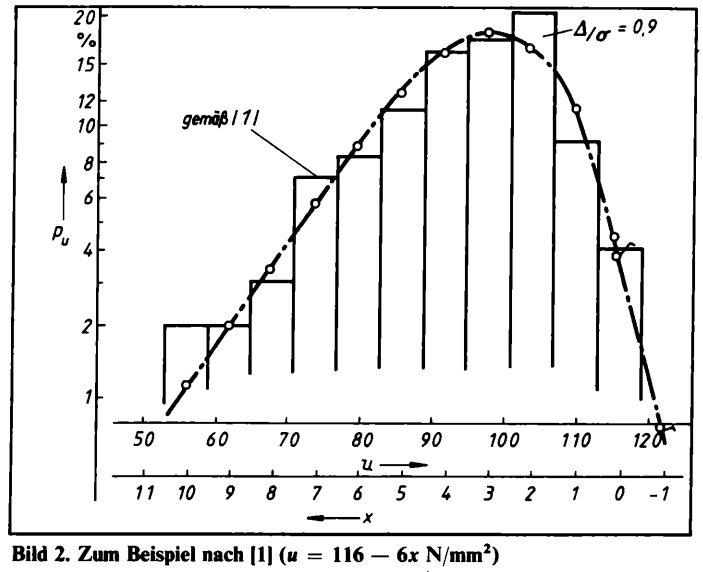


Bild 2. Zum Beispiel nach [1] ($u = 116 - 6x$ N/mm²)

Abweichungen sind gemäß (7) auf zufallsbedingte Unregelmäßigkeiten zurückzuführen, die auch bei der hohen Gesamtmenge $N = 6500$ des Kollektivs auftreten.
Interessant ist auch ein Beispiel, das R. STORM ([1], S. 183) im Zusammenhang mit dem „Weibull-Papier" behandelt, wobei allerdings der Verlauf der Meßwerte merklich von der vorausgesetzten Geradlinigkeit abweicht. Bei Auftragung im Wahrscheinlichkeitsnetz mit zunächst direkter Bezifferung x der Klassen u würde sich eine nach links oben gekrümmte Summenkurve ergeben, wie sie typisch für Bernoulli-Verteilungen mit $v < -0{,}5$ ist, jedoch mit einem unzulässigen Unsymmetriemaß deutlich außerhalb des Grenzwerts. Da x eine reine Rechengröße ist, kehrt man einfach die Unsymmetrie um, indem man x entgegengesetzt laufen läßt und als Zuordnung $u_m = 116 - 6x$ N/mm² wählt. Nunmehr ist $d = +30$ mit $D_1 = 1{,}38$ und $x_{50} = 3{,}0$, und man erhält danach eine (spiegelbildliche) Pascal-Verteilung mit $v = 0{,}5$ und $k = 7{,}6$. Bild 2 zeigt die Anpassung an das originale Stufendiagramm: Bei „Chi-Quadrat-Test" ergibt sich ein Signifikanzniveau über 96% (gegen 85% beim Weibull-Ansatz [1]). Die Abweichungen sind zufallsbedingt mit $\Delta/\sigma < 0{,}9$ (gegenüber 2,5 nach [1]) und die weichen Übergänge an den Enden dürften den Realitäten angesichts der Gesamtmenge $N = 100$ mehr entsprechen als die abrupten Abschlüsse des Originals. Das Häufigkeitsnetz [4] streckt die Einhüllende an den Enden zu Geraden, mit passender (Fähnchen im Bild 2) Aufspaltung $p(x = 0) = p_0' + p_{-1}'$.

Literatur

[1] STORM, R.: Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle. 8. Auflage. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1986.

[2] HILSCHER, K.: Zur Parameterschätzung bei asymmetrischen Häufigkeitsverteilungen. msr, Berlin 28 (1985) 9, S. 414.

[3] HUGERSHOFF, R.: Ausgleichrechnung, Kollektivmaßlehre und Korrelationsrechnung. 2. Auflage. Bad Liebenwerda/Berlin: H. Wichmann Verlag 1948.

[4] DAEVES, K.; BECKEL, A.: Großzahl-Methodik und Häufigkeits-Analyse. 2. Auflage. Weinheim: Verlag Chemie 1958.

msr 8807

Dr.-Ing. K. HILSCHER, Berlin

Dr. rer. nat. Arno Borgwardt 60 Jahre

Am 21. Juni 1988 vollendete Dr. ARNO BORGWARDT, Mitglied des Redaktionsbeirates der Zeitschrift „messen • steuern • regeln", sein sechzigstes Lebensjahr. Dies ist Grund genug, einen Fachkollegen zu ehren, dessen Entwicklung mit der Prozeßmeßtechnik der DDR untrennbar verbunden ist.

Wie alle Kollegen seiner Generation, erwarb er sein Fachwissen autodidaktisch, denn im Jahr 1952, als er mit dem Studium der Physik an der Karl-Marx-Universität Leipzig begann, gab es noch keine Möglichkeit, ein Hochschulstudium auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik durchzuführen. 1958 wurde er Mitarbeiter im Bereich MSR-Technik des VEB Farbenfabrik Wolfen. Schon nach kurzer Zeit entwickelte er Flüssigkeitsanalysatoren für den betrieblichen Einsatz und erarbeitete Grundkonzeptionen der Automatisierung für den Ionenaustauscherbereich des gleichen Betriebes. Auf den ersten Fachtagungen der MSR-Technik im Bereich der chemischen Industrie stellte er seine Lösungen vor.

Innerhalb weniger Jahre wurde ARNO BORGWARDT Technischer Direktor der Farbenfabrik Wolfen und schuf in der DDR die ersten Monografien auf dem Gebiet der betrieblichen Gas- und Flüssigkeitsanalysenmeßtechnik. 1964 promovierte er mit einer Arbeit zum Gasdurchgang durch Ionenaustauschermembranen.

Im Jahr 1969 wurde er Betriebsangehöriger des VEB Junkalor Dessau. Dabei vertrat er 7 Jahre lang die MSR-Technik der DDR mit dem Schwerpunkt Analysenmeßtechnik in Großbritannien. Nach seiner Rückkehr wurde er Hauptabteilungsleiter im Technikbereich des Betriebes und übernahm 1978 die Funktion eines Leiters für Importe.

Durch seine Tätigkeit im Anwendungs-, Herstellungs- und Marktarbeitsbereich von Prozeßanalysatoren entwickelte er sich zu einem anerkannten Fachmann auf diesem Gebiet. Neben anwendungstechnisch orientierten Interessen besitzt Dr. BORGWARDT auch fundierte theoretische Kenntnisse, die ihn immer wieder zu einem geschätzten Gutachter von Dissertationen im Hochschulwesen machen. Seine Aktivitäten reichen von der Tätigkeit als Redaktionsbeiratsmitglied in der Zeitschrift „messen • steuern • regeln" bis zur Mitwirkung bei der Herausgabe und Beurteilung von Fachartikeln und Monografien. Der Redaktionsbeirat und die Mitarbeiter der Redaktion der Zeitschrift „messen • steuern • regeln" sowie der Unterzeichnete gratulieren Dr. ARNO BORGWARDT herzlich zu seinem 60. Geburtstag und wünschen ihm für seinen weiteren Lebensweg alles Gute, vor allem Gesundheit, berufliche Erfüllung und privates Glück.

HEINZ GATZMANGA

Prof. Dr. rer. nat. habil. Gunter Schwarze 60 Jahre

Professor Dr. rer. nat. habil. GUNTER SCHWARZE feierte am 6. April 1988 seinen 60. Geburtstag. Er kann auf eine mehr als drei Jahrzehnte währende erfolgreiche Arbeit als Wissenschaftler, Hochschullehrer und Praktiker zurückblicken.

Groß ist die Zahl derer, die an diesem Tag Prof. SCHWARZE ganz herzlich gratulierten. Dazu gehören seine Schüler, seine Mitarbeiter vergangener Tage und von heute, aber auch alle die, die nur kurze Zeit mit ihm gemeinsam Aufgaben zu lösen hatten. Sie erinnern sich an ausführliche und tiefgründige Diskussionen, an deren Ende alle mit neuen Ideen und einer klareren Sicht der Dinge dankbar an die weitere Arbeit gingen, sie erinnern sich an seine Ratschläge und Hinweise, die theoretisch fundiert stets auf die praktische Anwendung orientierten. Trotz seiner vielfältigen fachlichen und gesellschaftlichen Verpflichtungen hat Prof. SCHWARZE immer Zeit für Kollegen, die sich an ihn wenden, sei es, um fachliche Fragen zu besprechen oder um ganz persönlich-private Probleme zu beraten. Stets hat er ein offenes Ohr und hilft, wo er kann.

GUNTER SCHWARZE, in seiner Jugend belastet durch die Wirren des zuende gehenden Krieges, begann 1946 ein Mathematikstudium an der Universität Rostock. Ab Sommersemester 1949 setzte er sein Studium an der Berliner Universität fort. Besonders geprägt wurde er von seinem Lehrer, Prof. SCHRÖDER, bei dem er nach seinem Studium ab 1952 als Assistent tätig war. Bald kamen Aufgaben eines persönlichen Referenten des Prorektors für Forschungsangelegenheiten und ab 1954 die Tätigkeit als Oberassistent am II. Mathematischen Institut hinzu. In dieser Zeit hielt er Kursus- und Spezialvorlesungen auf dem Gebiet der Analysis.

Bestrebt, die an der Universität erworbenen theoretischen Kenntnisse in die Praxis umzusetzen und sich neuen Anforderungen zu stellen, war er von 1958 bis 1963 im Institut für Regelungstechnik Berlin tätig. Im März 1963 promovierte er mit einer Arbeit: „Über die 1., 2. und 3. äußere Randwertaufgabe der Schwingungsgleichung $\Delta F + k^2 F = 0$". In diese Zeit fallen auch seine ersten Arbeiten zur Meß- und Regelungstechnik. Die Einflüsse aus dieser Tätigkeit wirken bis heute.

Ab Januar 1964 wieder an der Universität, gehört er zu den Mitbegründern des Rechenzentrums der Humboldt-Universität zu Berlin, dessen Leitung er bis 1968 innehatte. 1967 verteidigte er erfolgreich die Habilitationsschrift über Probleme der algorithmischen Ermittlung der Übertragungsfunktion linearer Modelle durch Analyse der zu Testsignalen gehörenden Ausgangssignale, und er wurde Dozent für numerische Mathematik und Rechentechnik. Mit der Gründung der Sektion Mathematik erfolgte 1968 die Ernennung zum Leiter des Bereiches „Mathematische Methoden der maschinellen Informationsverarbeitung" und am 1. September 1969 die Berufung zum ordentlichen Professor für Kybernetik und Rechentechnik. Es folgten Jahre intensiver Arbeit in unterschiedlichsten Funktionen, z. B. als stellver-

tretender Sektionsdirektor für Forschung, als Mitglied der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, als Wissenschaftsbereichs- und Forschungsgruppenleiter oder als Mitglied des wissenschaftlichen Rates der HFR „Informationsverarbeitungssysteme". Das sind einige Funktionen, in denen Prof. SCHWARZE vorbildliche Leistungen erbracht hat und erbringt. Eng verbunden mit seinem Namen ist der Aufbau und die Profilierung des Wissenschaftsbereiches Informationsverarbeitung an der Humboldt-Universität zu Berlin.

Lagen in den 60er Jahren die Schwerpunkte auf den Gebieten Systemtheorie, numerische Mathematik und Simulation mittels Analogrechner, so begann er Anfang der 70er Jahre mit dem Aufbau einer Gruppe Modellierung und Simulation. Bereits frühzeitig hat er die Simulation als Methode und Werkzeug zum Problemlösen verstanden. Große Aufmerksamkeit und breite Anwendung fanden von ihm entwickelte Methoden zur Kennwertermittlung in der Automatisierungstechnik. Seine Arbeiten zu Grundbegriffen der Modellierung und Simulation trugen entscheidend dazu bei, deren Gebäude auf ein gesichertes wissenschaftliches Fundament zu stellen. Von großer Bedeutung sind seine Arbeiten zur Entwicklung kontinuierlicher Simulationssprachen und -systeme sowie zur Entwicklung kombinierter Simulationssysteme (z. B. SIMKOM-F), die als wissenschaftliche Höchstleistungen zahlreich gewürdigt wurden. Schließlich seien beispielhaft noch die Arbeiten der letzten Jahre angeführt, die die Modellierung und Simulation sowie ihre Anwendung in der Informatik selbst betreffen. Das alles zeugt von der Spannweite und der Dynamik seiner Forschung. Dadurch wurde eine Vielzahl von Aktivitäten an anderen Hochschulen und Universitäten, an der Akademie und in der Industrie maßgeblich beeinflußt und gefördert.

Eine andere Form seiner Schaffensbreite zeigt sich in der langen Liste veröffentlichter Artikel und in der Vielzahl der Vorträge auf nationalen und internationalen Kongressen und Seminaren. G. SCHWARZE ist Mitherausgeber und -begründer der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK des VEB Verlag Technik und genießt als Autor hohes Ansehen.

In enger Wechselbeziehung dazu steht auch seine langjährige, verdienstvolle Tätigkeit als Hochschullehrer, wobei er der persönlichen Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses besondere Aufmerksamkeit widmet. Viele seiner Schüler sind heute selbst als Hochschullehrer tätig.

Bereits als junger Wissenschaftler erkannte G. SCHWARZE die Bedeutung und Notwendigkeit populärwissenschaftlicher Arbeit. Seit 1959 ist er aktives URANIA-Mitglied. 1971 wurde er zum Mitglied des Präsidiums gewählt. Über 15 Jahre leitete er dort die Sektion Mathematik.

Ein weiteres Wirkungsfeld bildet die Kammer der Technik, insbesondere die Mitarbeit im Vorstand des FA Modellierung der WGMA. Hier hat er wesentlichen Einfluß auf das gesellschaftliche Leben und auf die Öffentlichkeitsarbeit des Gebietes Simulationstechnik in der DDR ausgeübt. Geschätzt werden sein wohlabgewogener Rat, seine Zuverlässigkeit, Hilfsbereitschaft und Kollegialität, ja sogar seine ausgeprägte Vorliebe zur Perfektheit in Definitionsfragen.

In diesem Zusammenhang muß auch sein Anteil an der Profilierung der Jahrestagung Modellierungs- und Simulationstechnik, die jährlich in Rostock mit internationaler Beteiligung durchgeführt wird, genannt werden, und seine Frühjahrsschule „Simulation" genießt in der DDR und auch im Ausland einen guten Ruf. Geschätzt wird vor allem die breit angelegte Problemdiskussion.

Die genannten und in der Mehrzahl nicht genannten Aktivitäten wurden durch eine Vielzahl staatlicher Auszeichnungen und Anerkennungen gewürdigt. Angeführt seien hier der Orden Banner der Arbeit (1988), die Verdienstmedaille der DDR (1984) und die Ehrennadel der URANIA in Gold (1979).

All seine Schüler und Kollegen und auch die Mitarbeiter der Redaktion msr wünschen dem Jubilar für die nächsten Jahre Gesundheit, Schaffenskraft, weiterhin viele Erfolge in der Arbeit und Glück im persönlichen Leben.

HANS-DETLEF GERHARDT,
ROLF GRÜTZNER, ACHIM SYDOW

Stellungnahme

Ist „Steuerung" polysem?

G. BRACK analysiert in seiner Leserzuschrift [1], ob Worte mit der Endsilbe „ung" überwiegend einen Vorgang beschreiben, ob „Steuerung" ein mehrdeutiges (polysemes) Wort ist und ob man vorschreiben sollte, daß „Steuerung" monosem bleibt oder wieder wird.

Zur ersten Frage ist zu bemerken, daß man der im Diskussionsbeitrag von BRACK angegebenen Liste von hier interessierenden Worten noch mehrere — z. B. Schaltung, Lenkung — hinzufügen könnte, die im Sprachgebrauch nicht notwendig einen Vorgang bedeuten. Es wäre nur durch eine statistische Wortanalyse feststellbar, ob das Suffix „ung" überwiegend einen Vorgang charakterisiert. Ich würde diese Frage bejahen.

Zur zweiten Frage macht [2] keine Aussage. Meine These ist: das Wort „Steuerung" ist polysem. Ein Beweis für diese These könnte nur durch eine Sprachanalyse geliefert werden. Ich muß mich deshalb auf zwei Literaturstellen beschränken: [3] und [4]. Ein Inhalt meines diskutierten Beitrages war die Aussage über die Bedeutung der Triade Prozeßstruktur (Vorgang), Programmstruktur und Gerätestruktur. Der zitierte Satz „Eine Steuerung ist ein ... Automat" ist polysem richtig. Er läßt jedoch an der Stelle, an der er steht, sprachlich bewußt offen, ob Steuerung ein Vorgang, ein Programm oder ein Gerät ist, eben weil nicht gesagt ist, ob der Automat ein abstrakter (Vorgang) oder ein programmtechnischer oder ein gerätetechnischer ist. Zur weiteren Erläuterung verweise ich auf [5], S. 184.

Bleibt die Frage: können wir erwarten, daß „Steuerung" seine Mehrdeutigkeit wieder verliert? Dazu möchte ich G. BRACK zitieren: eine Sprache lebt. Diese Frage ist also nicht beantwortbar.

msr 8872 H. STAHN

Literatur

[1] BRACK, G.: Leserzuschrift zum Beitrag von H. STAHN: „Flexible evolutionsfähige Steuerung — Prämisse flexibler Produktion." msr, Berlin 31 (1988) 1, S. 41.

[2] AGRICOLA, E. (Hrsg.): Wörter und Wendungen. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1981.

[3] STRÜVER, M.: 4. Lehrgang „Entwurf von Binärsteuerungen für die Anlagenautomatisierung". msr, Berlin 31 (1988) 1, S. 41.

[4] FRITZSCH, W.; KOCHAN, D.; SCHALLER, J.; ZANDER, H.-J.: Prozeßautomatisierung für die bedienarme Fertigung. msr, Berlin 27 (1984) 10, S. 434—439.

[5] ENGELIEN, M.; STAHN, H.: Software — Engineering — ARS-Technologie. Berlin: Akademie-Verlag 1984.

Leipziger Frühjahrsmesse 1988 — Ein Rückblick (Teil 1)

Automatisierung unter dem Gesichtspunkt des breitgefächerten Einsatzes der Elektronik bildete in diesem Jahr den Schwerpunkt der Leipziger Frühjahrsmesse. Die Themenstellung der Messe „Integrierte Meß-, Prüf- und Regelungstechnik — Weg zur Leistungssteigerung" brachte das auch deutlich zum Ausdruck. Kennzeichen der Entwicklung sind dezentrale, hierarchische Automatisierungsstrukturen mit verteilter Intelligenz, wobei diese Intelligenz zunehmend in die Prozeßnähe verlagert wird. Für die Sensor- und Meßtechnik bedeutet das, daß komplexere Vorverarbeitungsleistungen (Linearisierung, Kalibrierung, Datenverdichtung usw.) einbezogen werden und so Meßsysteme mit wesentlich verbesserten Eigenschaften entstehen oder der Übergang vom Labor- zum Betriebsmeßsystem vollzogen wird. Bedienung und Programmierung der Systeme sind einfach und überschaubar und verlangen nur wenig Spezialkenntnisse. Auch auf dem Gebiet der Kompaktregler und der Systeme für Klein- und Mittelautomatisierung ist die Leistungsfähigkeit bei ebenfalls einfacher Handhabung gestiegen.

Lichtwellenleiter sind bei der Kopplung der Systeme keine Ausnahme mehr.

Generell hat sich der Bildschirm als Kommunikationsmittel im Mensch-Maschine-System der Produktion wie auch in der Produktionsvorbereitung durchgesetzt. Farbvideosysteme sind zum Standard geworden.

Deutliche Aktivitäten, die auf eine Verbesserung des Umweltschutzes auf der Grundlage einer geeigneten Meßtechnik zielen, sind zu verzeichnen.

Ein Hauptschwerpunkt in der Halle 15 war das vielseitige Angebot des *VEB Kombinat Robotron*. Neben Exponaten wie dem 32-bit-Superminicomputer RVS robotron K1840 und dem Laserdrucker robotron EC 7230 sind besonders der **Personalcomputer EC 1834** (Bild 1) und der **Arbeitsplatzcomputer A 7150** (Bild 2), die in der DDR die weitere Entwicklung der Meß-, Prüf- und Automatisierungstechnik mit prägen werden, hervorzuheben. Ein erster Einsatz im Industriecomputer ICA 700 wird bei den digitalen Automatisierungssystemen im 2. Teil des Messerückblicks erläutert. Beide Personalcomputer nutzen als CPU den 16-bit-Mikroprozessor K 1810 WM 86. Der **Arbeitsplatzcomputer A 7150** ist ein modular aufgebautes System mit 256 bis 768 Kbyte Arbeitsspeicher (RAM), 2 5,25″-Diskettenspeichern (je 1 Mbyte) und Festplattenspeicher mit 30 bis 50 Mbyte Kapazität, 64 Kbyte-E/A-Adreßraum, und einem 9-Ebenen-Interruptsystem. Der Einsatz des Arithmetikprozessors K 1810 WM 87 (Option) ermöglicht die schnellere Abarbeitung von Arithmetikoperationen. Als Schnittstellen sind vorhanden: IFSS, IFSP, Centronics, V24. Neben Bildschirmeinheit (80 × 25 Zeichen, 640 × 480 Punkte) und Tastatur können Drucker, Plotter, Digitalisiergerät und grafisches Tablett angeschlossen werden. Der Aufbau des Systems ist sowohl konstruktiv als auch logisch modular. Die Module (10 Steckplätze vorgesehen) arbeiten an einem I-41-Mikrorechnerbussystem. Der A7150 gehört damit zur Gruppe der offenen Systeme. Das Grundsoftwarepaket schließt die Betriebssysteme DCP, SCP 1700, BOS 1810 (echtzeitfähig), MUTOS 1700, Compiler für BASIC, FORTRAN 77 und 86, PL/M-86, COBOL, MODULA-2, PASCAL, C sowie weitere Standardsoftware ein.

Der **PC EC 1834** entspricht dem ESER-Standard und ist zum PC/XT kompatibel. Er verfügt über 256 oder 640 Kbyte RAM Arbeitsspeicher, 2 Diskettenlaufwerke 5,25″ mit je 360/720 Kbyte, 1 Festplattenspeicher 5,25″ mit etwa 20 bis 50 Mbyte Kapazität. Für Erweiterungskarten stehen bis zu 8 Steckplätze zur Verfügung. Periphere Geräte, wie Drucker, Plotter, Digitalisier- und Meßgeräte, können über Centronics-, V24- oder IFSS-Schnittstellen angeschlossen werden. Als Betriebssysteme sind DCP sowie MUTOS 7500 vorgesehen, als Sprachen werden BASIC, C, FORTRAN 77, PASCAL, COBOL, MODULA-2 verwendet.

Lokale Netze (LAN) sind in den letzten Jahren zu einem wichtigen Bestandteil der innerbetrieblichen Datenkommunikation geworden. Das Lokale Netz **ROLANET 1** (Bild 3) des *VEB Kombinat Robotron* ermöglicht über ein Koaxialkabel mit maximal 1000 m Länge die Datenübertragung zwischen maximal 100 Stationen, von denen jede über einen Transceiver an das Buskabel angeschlossen ist. Das System arbeitet nach dem CSMA/CD-Zugriffsverfahren mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 500 kbit/s. Als Lokalnetzstationen werden 8-bit-Rechner (A5120, PC 1715), 16-bit-Personalcomputer (EC 1834, A7150) benutzt. Basissoftware und Applikationssoftware für unterschiedliche Aufgabengebiete stehen zur Verfügung.

Betriebs- und Prozeßmeßtechnik

Der Sektor Betriebs- und Prozeßmeßtechnik war in diesem Jahr wieder breit gefächert. Bemerkenswert auch hier der Einfluß von Mikroelektronik/-rechentechnik.

Der *VEB Geräte- und Regler-Werke (GRW) „Wilhelm Pieck" Teltow* stellte als Erweiterung zu den bekannten und bewährten **audapas-Meßumformern für Druck und Differenzdruck** (siehe msr, Berlin 30 (1987) 5 und 7) die Volumetrik-Ausführungen mit Kammerdruckmittler (Kapillarleitung 2,5 bis 10 m, Temperatureinsatzgrenze 300 °C) und Anbaudruckmittler aus (Bild 4). Hochkorrosionsfeste Ausführungen mit Meßwerkdeckeln aus ultrareinem Stahl und Tantalschutzmembranen für Druck- und Differenzdruckmessungen von feuchtem Chlor, Chlorwasserstoff und Schwefelsäure vervollständigen die Anwendungsmöglichkeiten.

Bild 1. Personalcomputer robotron EC 1834 (Foto: H. Weiß)

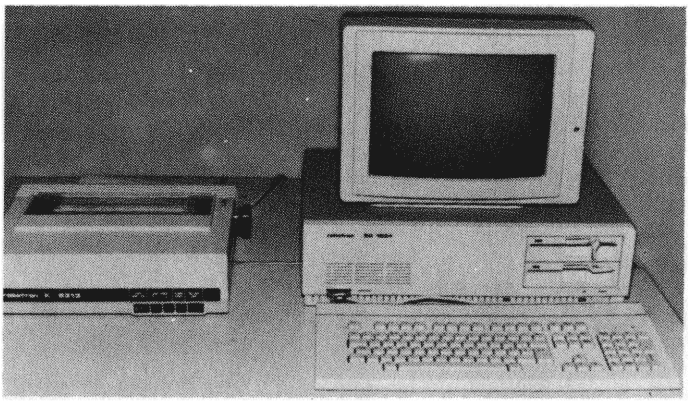
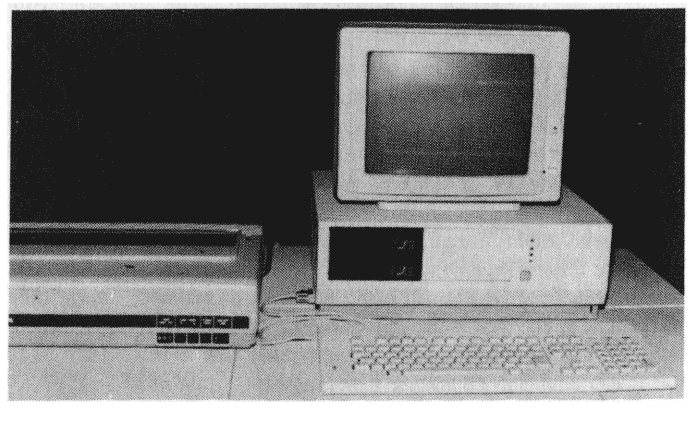


Bild 2. Arbeitsplatzcomputer robotron AC 7150 (Foto: H. Weiß)



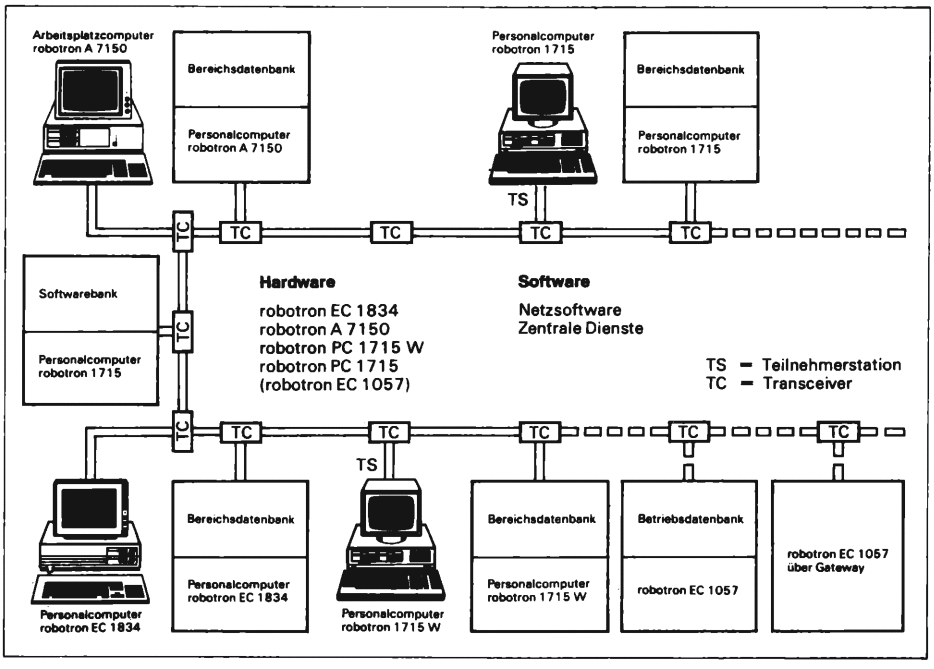


Bild 3. Lokales Netz ROLANET 1

Das Programm der Fa. *Alexander Wiegand*/BRD umfaßte **Druckaufnehmer und Druckmeßumformer** für Bereiche von 1 mbar bis 7000 mbar, die auf den Meßprinzipien von piezoresistiven, magnetfeldabhängigen und induktiven Sensoren sowie Dünnfilm-Halbleiter- und Metall-Dehnmeßstreifen basieren. Die Geräte können mit analogen und digitalen Anzeige- und Ausgabegeräten kombiniert werden. Erwähnenswert dürfte ein Kapselfederdruckmeßgerät, hochkorrosionsbeständig NG 100 und NG 160, Fehlerklasse 1,6, Anzeigebereiche 0/2,5 bis 0/600 mbar in allen Normdruckstufen, Überlastgrenze 7 bar, sein, das mit elektrischen Ferngebern und Grenzwertschaltern komplettiert werden kann. Weiter waren Druckmeßgeräte für Hochdruck, NG 160 und 250, Klasse 1,0, 0,6 und 0,1, im Angebot. Die Meßbereiche gehen von 0/2500 bis 0/10000 bar. Die Geräte sind mit bruchsicherer Trennwand zwischen Zifferblatt und Meßsystem sowie ausblasbarer Rückwand ausgestattet und mit elektrischen Kontakten oder induktiven Ferngebern lieferbar.

Eine interessante Lösung stellt eine von *Dunacoop*/UVR angebotene Fühler/Ferngeber-Familie dar, bei der die Fühler und die elektronischen Verarbeitungseinheiten durch Lichtleitkabel verbunden sind, was zu einer völlig störfreien Verbindung führt. Sie besteht aus Kraftmesser (Meßbereich 10 kN), Druckmesser (Meßbereiche 2,5, 4, 6 und 10 bar), Relativdruckmesser (Meßbereiche von 6 bis 100 bar) sowie Absolutdruckmesser (Meßbereiche 250, 400 und 600 bar), überlastsicher.

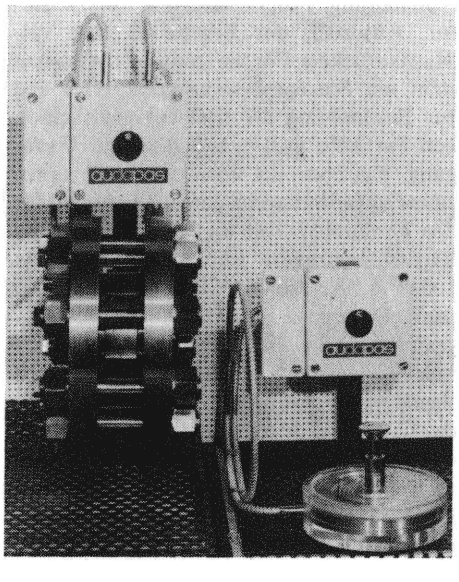
Die Fa. *Eckardt*/BRD offerierte elektrische Meßumformer für Druck, Differenzdruck und Füllstand, die mit Metall-Dünnfilm-Dehnmeßstreifen ausgestattet sind. Interessant ist bei diesen Aufnehmern, daß sie in Nullpunkt und Spanne auf kleiner $1‰$ abgeglichen sind und daß der Temperatureinfluß bei $0{,}025\%/10$ K liegt. Der Geber wird als Meßumformer (Zweileitertechnik) und als sogenannter Sensor (ohne Elektronik) angeboten. Der Fehler bei den Meßumformern liegt unter $0{,}25\%$, Ausgangssignal 20 mA. Die Aufnehmer können ohne jede Korrektur an Multiplexer oder Umformer für DMS angeschlossen werden.

Ein neuer **Volumengeber** für heißes Wasser nach dem Woltmann-Prinzip ergänzt die bewährte **audaflux-Woltmann-Zählertypenreihe WS-TH** vom *VEB GRW Teltow*. Der neue **Typ WS-H** (Bild 5) hat eine elektronische, berührungslose und rückwirkungsfrei arbeitende Flügelradwellenabtastung im Naßraum. Der Impulsausgang mit dekadischer Wertigkeit sieht den Anschluß an die Wärmemengenrechner WR 5, WR 5A, WR 6 und WR 6A des gleichen Herstellers vor. Die verbesserte Konstruktion bewirkt Vorteile bei den meßtechnischen Eigenschaften und der Zuverlässigkeit. Von besonderer Bedeutung ist die elektronisch einstellbare und korrigierbare Fehlerkurve. Durch die Senkung der mechanischen Reibung und die Rückwirkungsfreiheit des Abgriffs wird das Anlaufverhalten verbessert und mehr Sicherheit im unteren Durchflußbereich erzielt.

Erwähnt seien noch die **audaflux-Wälzkolbenzähler** DN 40 und DN 20, PN 40, aus Chrom-Nickel-Stahl für rechtsgeschäftlichen Verkehr mit EWG-Bauart-Zulassung. Ein neuer Wärmemengenrechner Typ WR 120/3 mit erweitertem Informationsangebot dokumentiert die Unterstützung der Bemühungen um den rationellen Energieeinsatz.

Elster-Handel/BRD zeigte Geräte für die **Großgasmessung,** und zwar einen **Schraubenradgaszähler** (DN 50 bis 600, PN 10 bis PN 100, Durchfluß in Bereichen von 3 bis 25000 m^3/h, Gastemperatur von -10 bis 60 °C, Fehler zwischen 0,1 und $0{,}2\%$) (Bild 6). Die Zähler sind mit HF-Gebern für elektronische Zusatzgeräte ausgestattet, wie Mengenumbewerter und Registrier- bzw. Regeleinrichtungen. Weiter wurde ein **Quantometer Typ QZ mit Durchflußanzeiger** angeboten (DN 25 bis 100, PN 4 bis 16 bar, Durchflußbereiche zwischen 0,8 bis 400 m^3/h), ausgestattet mit NF- und HF-Impulsgebern zum Anschluß von elektronischen Momentandurchflußanzeigen und Datenspeichern.

Der Messung des Massedurchflusses von



◀ **Bild 4. audapas-Meßumformer in Volumetrik-Ausführung**

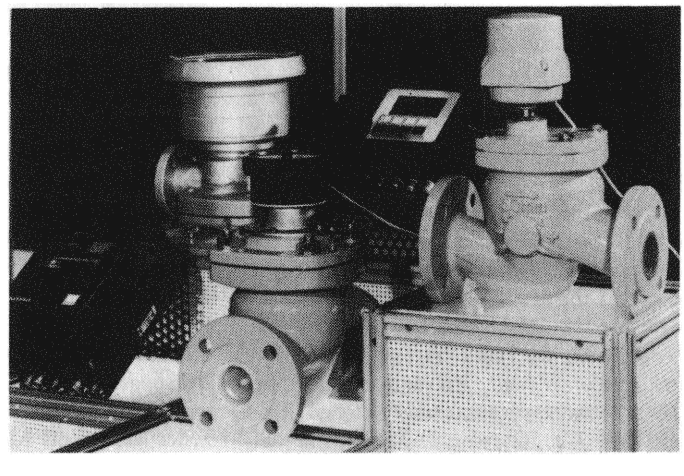


Bild 5. audaflux-Woltmann-Zähler, Typ WS-H (rechts)

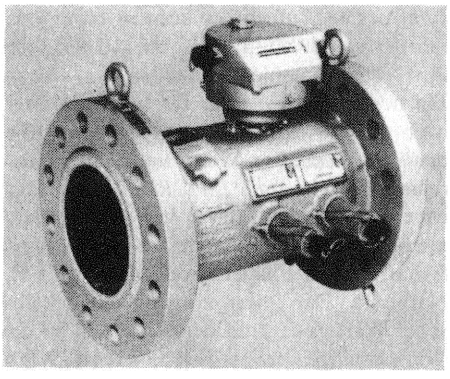


Bild 6. Schraubenradgaszähler, Elster-Handel/ BRD

Flüssigkeiten und Gasen auf der Basis der Corioliskraft dient der **Massendurchflußmesser System Rheonik** der Fa. *Bopp & Reuther*/ BRD. Das Gerät besteht aus einem Aufnehmer **System RHM** und einer elektronischen **Verarbeitungseinheit RHE.** Die Temperatur der Medien, deren Massedurchfluß bestimmt werden soll, kann zwischen −20 und +150 °C oder auch zwischen −200 und +300 °C liegen (Fehler ±0,2% vom Meßwert, Durchflußendwert zwischen 0,8 und 1000 kg/min, DN zwischen 15 und 50, PN 40). Ausgangsgrößen sind ein durchflußproportionales Frequenzsignal oder ein Stromausgang 0/4 bis 20 mA.

Zum relativ breiten Angebot der UVR auf dem Gebiet der BMSR-Technik gehörten u. a. auch der **Dichtemeßgeber D-Tran** und das dazu gehörende Gerät **Midi-Dens** zur Meßwertwiedergabe und zur Massenberechnung, ausgeführt als Tafeleinbauvariante. Das Meßprinzip des Gebers basiert auf der Schwingungsmessung (Meßbereich 500 bis 1600 kg/m³, Betriebsdruckbereich 0 bis 100 bar, Betriebstemperatur 0 bis 100 °C, Fehler ±0,01% des Meßwertes). Weiter waren **Standmeßgeräte** im Angebot, deren Meßprinzip auf der Reflexion des Schalles von Flüssigkeits- oder Schüttgutoberflächen beruht (Meßbereich 0 bis 10 m und 0 bis 40 m, Fehler 1%). Die Geräteausstattung kann so erweitert werden, daß auch Messungen in offenen Kanälen möglich sind.

Energoinvest/SFRJ zeigte ebenfalls Standmesser in Ex-geschützter Ausführung mit einem Schwingungsgeber nach dem Resonanzverfahren, der bei Temperaturen von −20 bis +150 °C und Drücken bis 150 bar einsetzbar ist.

Die UdSSR zeigte auf dem Gebiet der Betriebsmeßtechnik u. a. ein **Hitzdrahtanemometer TAIK-3,** mit dem Geschwindigkeiten und Temperaturen in Gasströmen erfaßt werden können, weiter ein **akustooptisches Spektrometer KBAPU-2,** mit dem sich vor Ort schnelle Analysen im Spektralbereich von 550 bis 1000 nm bei einem Auflösungsvermögen von 1 nm durchführen lassen. Interessant dürften für die holzverarbeitende Industrie ein elektronisches **Psychrometer Modell 903,** ein **Feuchtemesser für Furniere und Papier Modell 906** und ein digitaler **Oberflächentemperaturmesser Modell 1004** sein, die für industrielle Messungen entwickelt wurden. Das Psychrometer ist im Bereich von 20 bis 130 °C Trocknungstemperatur einsetzbar. Als Meßfühler dienen 2 Heißleitergeber. Der Meßbereich liegt zwischen 2 und 38 °C, bezogen auf die psychrometrische Differenz des trockenen und des feuchten Thermometers. Der Feuchtigkeitsmesser Typ 906 dient der Erfassung des Massenanteils der Feuchtigkeit (Meßbereich 4 bis 10%). Das Gerät für die Bestimmung der Oberflächentemperatur Modell 1004 ist mit einem Chromel-Alumel-Thermopaar ausgestattet. Der Meßbereich beträgt 30 bis 250 °C. Das Gerät mit 3stelliger LED-Anzeige ist für Batteriebetrieb vorgesehen.

Zum BMSR-Geräteprogramm der VR Polen gehörte ein **Anemometer,** das mit einem Fühler ausgestattet ist, der aus einer Quarzscheibe mit aufgedampfter und mit Siliziumoxid geschützter thermoresistiver Schicht besteht. Die Quarzscheibe ist auf einem Isolierkörper angeordnet. Der Meßbereich liegt zwischen 10 cm/s und 30 m/s. Das Gerät ist mit einer Temperaturkompensation im Bereich von +10 bis +50 °C versehen. Schließlich ei noch auf ein **Staubkonzentrations- bzw. Staubdichtemeßgerät RMKM-6** hingewiesen. Dieses Gerät läßt sich in Rohrleitungen einbauen (Rohrdurchmesser 150 bis 1000 mm). Das Meßprinzip basiert auf der β-Radioisotopenstrahlung. Die Abschwächung der Strahlung wird in Abhängigkeit von der Staubkonzentration und der Geschwindigkeit des Trägers bestimmt (Staubkonzentration bis 2,5 kg/m³, Meßwertwiederholbarkeit ±2,5%).

Im Rahmen der Palette der Geräte für den **Umweltschutz** wurden von der UVR ein **Leitfähigkeitsmeßgerät Kondukton 2** (Meßbereich zwischen 0 bis 2 µS/cm und 0 bis 250 µS/cm, zulässiger Druck 40 bar, Meßfehler <2,5% vom Meßbereichsendwert) und ein **Gesamtfluoreszenz-Meßgerät Fluoritest** zur Bestimmung von Ölverunreinigungen im Oberflächen- und Speisewasser (Meßbereiche zwischen 0 bis 20 und 0 bis 200 mg/dm³, Fehler ±5%) angeboten. Interessante Lösungen sind auch ein **modulares Meßsystem Aquadat-M** zur Bestimmung der Wasserqualität (Meßbereiche pH-Messung, pH 0 bis 10, Fehler ±0,2 pH; Messung von gelöstem Sauerstoff 0 bis 20 mg/l, Fehler ±2%; Leitfähigkeitsmessung zwischen 0 bis 1 und 0 bis 10 mS/cm, Fehler ±2%; Temperaturmessung 0 bis 40 °C, Fehler +0,5%; Ausgangssignale 0 bis 5 mA, 0/4 bis 20 mA oder 0 bis 10 V, Anzeige 3stellig mit 7-Segment-LED), ein **Trübungsmesser Nephelon 3** (Meßbereiche zwischen 0 bis 60 und 0 bis 2000 mg/dm³, bezogen auf SiO_2-Äquivalent, Fehler ±5%) und schließlich ein **Zweileiter-Ferngeber Aquatran-DO** zur kontinuierlichen Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs (Meßbereiche zwischen 0 bis 4 und 0 bis 16 mg O_2/l, Fehler ±2%, Ausgangssignal 4 bis 20 mA).

Für Umweltschutz, Biotechnologie u. ä. dürfte auch das **Trübungsmeßgerät für geringe Trübungen SLP 3/D** vom *VEB Excelsiorwerk Leipzig* von Interesse sein. Die Meßzellen werden der Meßaufgabe entsprechend aus Epoxidharz, Glas, Silkongummi und Edelstahl geliefert (Meßbereich zwischen 0 bis 2,5 TE/F und 0 bis 100 TE/F, 1 TE/F ≙ 2 mg SiO_2/dm³; Probentemperatur 0 bis 60 °C; druckbeständig bis 1 MPa). msr stellte das Gerät bereits im Heft 9/1987 vor.

Passavant Werke/BRD, ein führendes Unternehmen auf dem Gebiet der Abwassertechnik, war mit 4 Neuheiten vertreten. Hierzu gehören für den Feldeinsatz eine **Höhenstandsmeßanlage 07/023** mit Tauchdruckaufnehmer oder Ultraschallsensor (Meßbereich 0 bis 10 m, Fehler 0,5% vom Meßbereichsendwert). Weiter eine **Temperaturmeßanlage 07/024** mit 4-Leiter-Anschlußtechnik (Meßfühler PVC-Taucharmatur mit WTh 100; Meßbereiche 0 bis 100 °C, 0 bis 50 °C und −20 bis +50 °C; $3^1/_2$stellige temperaturlineare LCD-Anzeige mit Fehler ±0,4 K/1 Digit, Ausgang 0/4 bis 20 mA) sowie eine **Durchflußmeßanlage für offene Gerinne,** bei der das höhenstandsproportionale Signal in ein durchflußproportionales Signal 0/4 bis 20 mA mit Fehler ±1% vom Meßbereichsendwert umgewandelt wird ($3^1/_2$stellige LCD-Anzeige, durchflußproportional). Als Neuheit wurde ein sogenannter **OV-Rechner zur Bestimmung des O_2-Verbrauchs** in Belebungsbecken vorgestellt. Bei der Messung wird davon ausgegangen, daß bei ungleichmäßiger O_2-Verteilung im Belebungsbecken nicht der O_2-Gehalt, sondern der O_2-Verbrauch zugrunde gelegt werden sollte. Zu diesem Zweck wird belebter Schlamm in ein kleines Meßbecken gefördert und dort mit einem konstanten Luftstrom kontinuierlich belüftet. Die Verweilzeit im Meßgefäß, das in das Belebungsbecken eingehängt wird, beträgt etwa 20 min. Die gewonnenen Daten dienen der Belüftungsregelung im Belebungsbecken.

Auch die Fa. *Ströhlein*/BRD bot Geräte für den Umwelt- und den Arbeitsschutz an. Unter anderem wurde eine mikroprozessorgesteuerte **Meß- und Regeleinheit zur geschwindigkeitsgleichen Teilentnahme aus strömenden Gasen MRU 40** offeriert. Das System kann sowohl für Messungen im emittierten Reingas als auch im ungereinigten Rohgas eingesetzt werden (Durchflußregelung von 2 bis 40 m³/h, LCD-Anzeige, Datenerhalt bei Abschaltung, Programmierung über Tastatur, Ausdruck der Ergebnisse über A4-Matrixdrucker). Für die Immissionsmessung steht ein **Staubprobenahmegerät HVS 150** zur Bestimmung der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft zur Verfügung, das ebenfalls über einen Mikroprozessor vollautomatisch geregelt wird und für den kontinuierlichen und intermittierenden Betrieb konzipiert ist. Luftdurchsatz bis 100 m³/h, Abtrennung des Grobstaubes je nach Durchsatz, maximal „10-Tage-Programm", Ausdruck aller Meßwerte kontinuierlich nach jedem Meßintervall oder nach Beendigung des Meßprogramms zeichnen das Gerät aus. Interessant dürfte weiter auch ein Gerät zur **Schnellbestimmung des Sauerstoffgehaltes und dessen Bindungsformen in Brennstoffen OSA-mat 350** sein. Messungen dieser Art sind unter anderem für die Kohle-

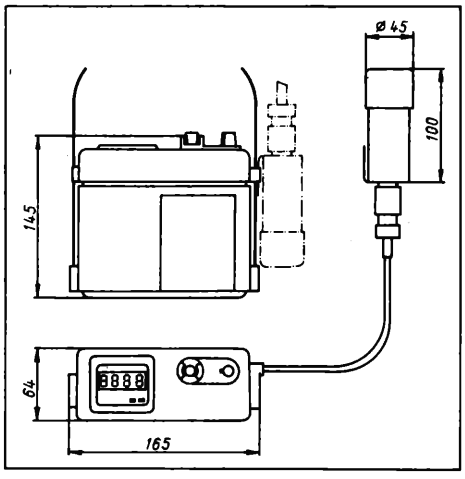
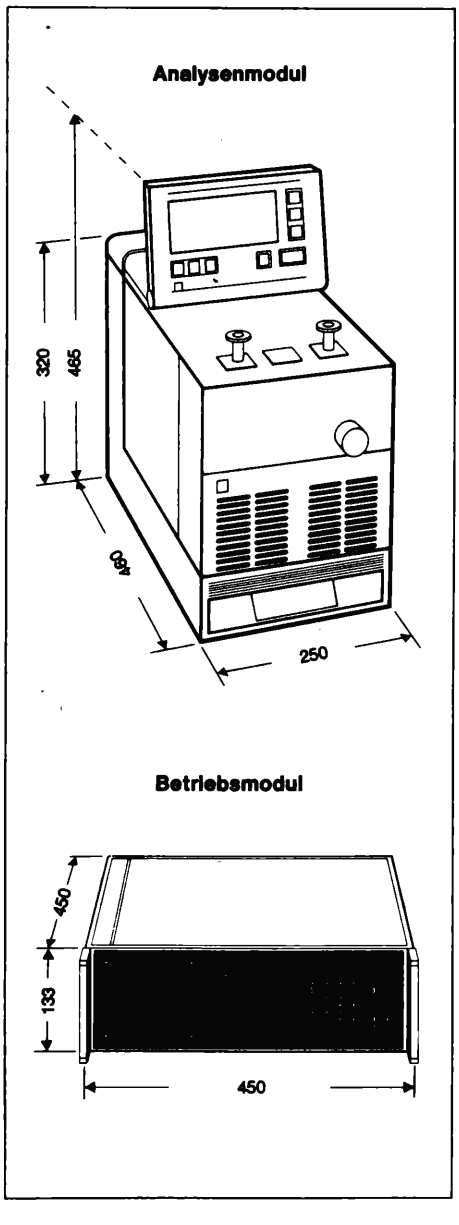


Bild 7. Gasanalysator PGA O_2 (Maßskizze)

vergasung von Bedeutung, da bei Kenntnis des O_2-Gehaltes die Reaktionsführung im Hinblick auf die gewünschten Produkte optimiert werden kann. Wahlweise kann der Gesamtsauerstoffgehalt ermittelt werden

Bild 8. Tragbares Massenspektrometersystem QAS 100 (Maßskizze)



oder eine temperaturdifferenzierte Bestimmung der einzelnen Oxidanteile in Verbindung mit der Berechnung des Gesamtgehaltes erfolgen. Das vollautomatische mikroprozessorgesteuerte Gerät verfügt über automatische Kalibrierung und Linearisierung und ist selbstüberwachend. Die Direktanzeige erfolgt in % O_2 (Meßbereich 0 bis 5% bei 200 mg Einwaage, Reproduzierbarkeit ±1% vom Sauerstoffgehalt).

VEB Junkalor Dessau stellte als Neuentwicklungen zwei tragbare Geräte vor, den **Gasanalysator PGA** für die O_2-Bestimmung, vorrangig als Warngerät konzipiert und den **Rauchgastester Infralyt RGT.** Bei dem Analysator PGA (Bild 7) befindet sich im Sensorteil ein wechselbarer elektrochemischer Sensor (Meßbereich 0 bis 25% O_2, Fehlerklasse 2,5, Masse 1,4 kg). Das Festelektrolyt-Meßgerätesystem ursalyt G wurde weiterentwickelt, so daß neben der O_2-Messung auch andere Meßaufgaben durchführbar sind. Die Geräte bedürfen keiner Eichung mit Eichgas. Neu ist eine Gasentnahmeeinrichtung zum ursalyt G 40 für Meßgastemperaturen bis 1800 °C.

Leybold-Heraeus/BRD zeigte als Neuheit das erste **tragbare Massenspektrometersystem QAS 100** (Bild 8), ein Gerät mit integriertem Rechner. Es eignet sich für Messungen unmittelbar vor Ort. Die Bedienung setzt keine spezifischen Kenntnisse voraus. Der Benutzer wird mit Klartextanweisungen durch die Programme geführt. Das Meßergebnis für CH_4, N_2/CO, NO_x, O_2, Ar und CO_2 sowie SF_6, Freon bei Schnüffellecksuche wird in Volumenprozent angezeigt (Massenbereich 1 bis 99 amu; kleinste nachweisbare Konzentration 10 ppm, mit DC Verstärker 1 ppm; Betriebsmodul Masse 12,5 kg, Analysenmodul Masse 37,5 kg).

Auf dem Gebiet der Analysenmeßtechnik wurde von der ČSSR ein **Taupunktmesser KA 1164** gezeigt, der für die kontinuierliche Feuchtemessung in nichtaggressiven Gasen konzipiert ist. Das Gerät ist geeignet, die Feuchtigkeit im Taupunktbereich von −20 bis +75 °C zu bestimmen. Bis zu 6 Meßfühler, die mit Drucktasten anwählbar sind, können angeschlossen werden. Das Gerät ist mit einem Oszillator ausgestattet. Die Scheinwiderstandsänderung in Abhängigkeit von der Feuchteänderung ist die Basis für das Ausgangssignal (Fehler ±3%).

Horiba Ltd./Japan zeigte einen **Analysator SLFA-800,** mit dem der Schwefelgehalt in Leicht- und Schweröl sowie Kerosin ermittelt werden kann. Das Meßprinzip basiert auf der Fluoreszenzmethode (Meßbereich 0 bis 5 Masse-% S, Reproduzierbarkeit ±0,3 Masse-%). Ein weiteres Gerät Typ **SLFA-920** verfügt über einen Meßbereich von weniger als 20 ppm/5 Masse-% S. Bei diesem Gerät können gleichzeitig 8 Proben analysiert werden.

Maihak/BRD offerierte einen **Leitfähigkeitsanzeiger MLA** für leichte Erdölprodukte (Tauchverfahren; Meßbereich 0 bis 500 cu und 0 bis 1000 cu (1 cu = $1 \cdot 10^{-14} \cdot 1/\Omega$ cm), Meßfehler ±10 cu, Meß- und Anzeigekreis eigensicher, Batteriebetrieb, Gesamtmasse 3,95 kg, exgeschützt). Das Gerät ist für die Bestimmung der Leitfähigkeit von mit antistatischen Wirkstoffen vermischten Kraftstoffen vorgesehen.

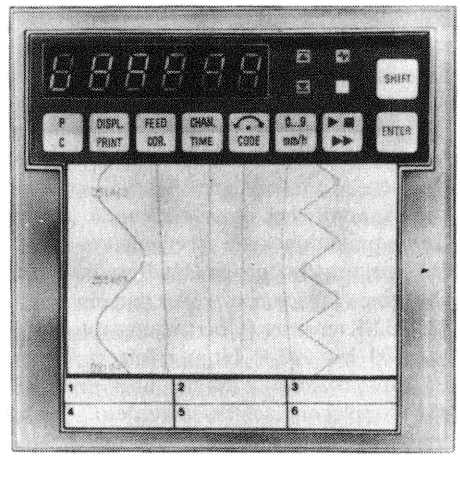
Meßumformer, Sekundärgeräte, Kompaktregler und -steuerungen

Der *VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" Magdeburg (KEAW)* zeigte neben dem bereits 1987 vorgestellten **programmierbaren Mehrkanalschreiber PMM 100** (Bild 9), der außer Registrierung und Protokollierung auch Aufgaben der Steuerung und Regelung abgegrenzter Anlagenteile übernehmen kann, als Neuentwicklung den **programmierbaren Mikroprozessorregler PMC 100.** Er ist für Schalttafel- und Rastereinbau in Warten konzipiert (144 × 144 mm²) und realisiert wahlweise die Funktionen P-, PD-, PI-, PID-Regler, Dreipunkt-Schrittregler oder Zweipunktregler. Wesentliche Neuerung bei diesem Regler ist die Möglichkeit des „selftuning", d. h. der automatischen Reglerparametereinstellung, womit Inbetriebnahme und Anpassung an veränderte Strekkenparameter vereinfacht werden.

Die Wahl des Regelalgorithmus, die Konfigurierung (ein- bzw. zweikanaliger Festwertregler, Folge-, Kaskaden-, Verhältnisregler; interne, externe Führungsgrößen) und Parametrierung erfolgen über die frontale Folienflachtastatur im Zusammenspiel mit einer 24stelligen alphanumerischen LED-Matrixanzeige menügeführt, ohne daß Programmierkenntnisse erforderlich sind. Regel-, Stellgröße, Regelabweichung, Grenzwerte, Alarmtext werden ebenfalls alphanumerisch, Regelabweichung und Stellgröße zusätzlich quasianalog dargestellt. Der Regler verfügt über 4 Analogeingänge (0 bis 5 mA, 0/4 bis 20 mA, 0 bis 1 V/5 V/10 V), 2 Analogausgänge (0 bis 5 mA, 0/4 bis 20 mA), 4 zweipolige binäre Steuereingänge, 8 zweipolige Schaltausgänge (Schalttransistor, TTL, Relais). Die Funktion des Reglers wird durch Autodiagnose überwacht. Im Störfall wird ein Signal ausgegeben.

Zu den äußerst kompakten Reglern (144 × 144 mm², Wand-, Tafel-, Schienenmontage)

Bild 9. Programmierbarer Mehrkanalschreiber PMM 100



gehören auch die **Mikroprozessor-Heizungsregler equitherm M 100** von *Sauter*/BRD. Es handelt sich dabei um Regler für Pumpen-Warmwasser-Heizungsanlagen (witterungsgeführte Vorlauftemperatur- und/oder Kesseltemperaturregelung) und Fernheizungsanlagen, wobei P-, PI- und 2-Punkt-Regelung wählbar sind. Als Temperaturfühler werden Nickeldünnschichtsensoren (Ni 200; *Sauter*) eingesetzt. Das Gerät bietet die Möglichkeit der automatischen Anpassung der Heizkennlinie an Gebäude und Anlagen (selbständig oder durch Handeingabe) und die Optimierung der Schaltzeiten (bei Nichtwohnbauten) sowie die Anpassung an die dynamischen Gebäudeeigenschaften.

Neben dem inzwischen weltweit eingesetzten adaptiven **Single-Station-Microregler der Baureihe 760** (siehe msr, Berlin 30 (1987) 7) befinden sich weitere Kompaktgeräte für die untere Prozeßebene im Angebot der Fa. *Foxboro*/BRD. Der kompakte **elektrochemische Meßumformer 874** ($96 \times 96 \times 165$ mm³) ist mikroprozessorgesteuert und ermöglicht je nach Ausführungstyp Messung, Anzeige und Übertragung von pH-/Redox-Werten, Kontaktleitfähigkeit oder spezifischen Widerstand. Die Meßwerte werden 4stellig mit LED angezeigt. Die Programmierung, d. h. Festlegung der Parameter des Gerätes, erfolgt durch den Anwender mit 8 Folientasten (mit Druckpunkt) auf dem Frontpanel. Die Parameter (Meßbereich, Alarmkonfiguration, Ausgangssignal, Selbstdiagnose, Ausgangssignalglättung) werden in einem EEPROM abgelegt. Der Meßumformer mißt gleichzeitig die Lösungstemperatur und führt die Temperaturkompensation aus. Die Meßbereiche sind: pH 0 bis +14; Redox −999 bis +999 mV DC; Leitfähigkeit 0 bis 1 µS/cm bis maximal 0 bis 20000 µS/cm; spezifischer Widerstand 0 bis 2 M Ω cm bis maximal 0 bis 20 M Ω cm. Ausgangssignal: 4 bis 20 mA bzw. 0 bis 10 V, galvanisch getrennt.

Eine weitere interessante Lösung, die die Verlagerung von Intelligenz in die Prozeßnähe deutlich macht, ist das **hydrostatische Tankdruck-Meßsystem „Tank-Expert"** von *Foxboro*. Jedem Tankbehälter wird ein mikroprozessorgestützter Tankprozessor (sehr robuste geschlossene Ausführung für Feldmontage) zugeordnet, der aufgrund der Messungen von bis zu 3 Präzisionsresonanzdraht-Drucksensoren (temperaturkompensiert) der Baureihe HTG-880 und einem Widerstandstemperatursensor die Berechnung der Größen: Masse, Pegel, Volumen, Dichte und Temperatur im Tank ermöglicht. Das Verfahren ist z. B. mit einer Meßgenauigkeit der Masse von ±0,1% (bei Berücksichtigung der üblichen Tankdatengenauigkeit) genauer und ökonomischer als andere Verfahren. Die Kommunikation kann über ein mit Lichtwellenleiter gekoppeltes Handterminal oder über einen Personalcomputer und einen RS-485/232-Konverter (Übertragungsrate wählbar 300 bis 19200 bit/s) erfolgen. Bis zu 93 Tankprozessoren können über einen RS-485-Koppler angeschlossen werden (2-Draht-Leitung).

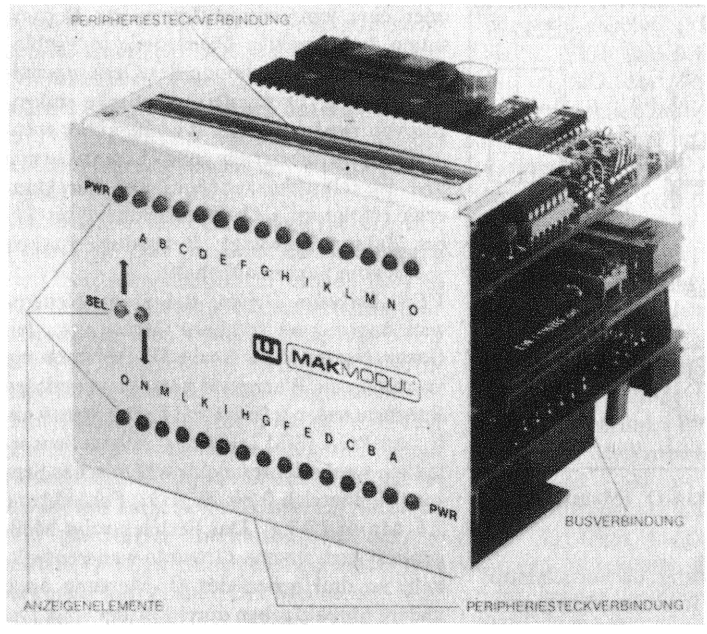


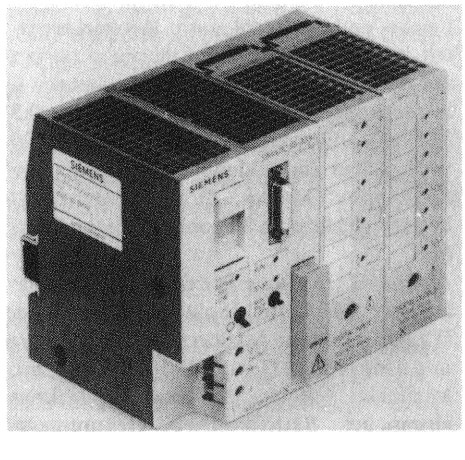
Bild 10. Baustein des Systems MAKMODUL

Für die Meß-, Steuer- und Regeltechnik in der unteren Prozeßebene wurden weitere zahlreiche kleinere kompakte und modulare Systeme angeboten. Zu diesen gehört u. a. das **System MAKMODUL** (Bild 10) der Fa. *Eckardt*/BRD. Dieses System verfügt auch für komplexere Abläufe über eine Klartextprogrammierung und erfordert keine Informatikkenntnisse. Das MAK-System schließt die Lücke zwischen freiprogrammierbaren Steuerungen und konventionellen Mikrocomputersystemen. Es verfügt über ein Eingabemodul mit 14 Eingängen, ein Ausgangsmodul mit 14 Ausgängen je 0,5 A und ein Relaismodul mit 7 Relais. Die Module werden auf 35-mm-Normklemmschienen aufgesteckt und durch Aneinanderschieben verbunden. Die Gehäuse können bis zu 3 Platinen enthalten. Eine davon ist obligatorisch, sie enthält den Rechnerbus sowie eine Busanpassung. Diese Busanpassung ermöglicht den Anschluß von 2 Peripherieplatinen, die aus einem großen Spektrum von Standardmodulen ausgewählt werden können.

Eine kleine **kompakte speicherprogrammierbare Steuerung** ist die **IPK 11** der Fa. *ISKRA*/SFRJ. Sie hat 24 Eingänge und 16 Ausgänge sowie 32 Zähler und 32 Zeitmodule. Bis zu 32 Geräte können mit einem Personalcomputer als Master über die Schnittstelle RS 485 in einem Netz betrieben werden, dessen maximale Ausdehnung 1000 m beträgt. Der gleiche Hersteller bietet mit dem Typ IPK 20 auch eine größere modulare SPS an.

Zu dieser Gerätegruppe gehört auch die **modulare Kleinsteuerung SIMATIC S5-100 U** (Bild 11) der Fa. *Siemens*/BRD, auf die bei den Automatisierungssystemen (Teil 2) eingegangen wird.

Bild 11. Modul der Kleinsteuerung SIMATIC S5-100U



Stellgeräte

Auf dem Gebiet der Stelltechnik wurden vom *VEB Magdeburger Armaturenwerke* einige Neuheiten geboten:

▶ **Muffenschrägsitzventile** DN 1/2" und 3/4", PN 16 mit pneumatischem Antrieb, Ventilkörper Rotguß, für Wasser, Dampf, Luft und Öl bis 150 °C einsetzbar

▶ **Elektronisch gesteuerte Magnetventile** für Wechsel- und Gleichstrom in Ex-DSRK Ausführung DN 15 bis 150, PN 40 für nicht aggressive Flüssigkeiten und Gase bis 300 °C, sowie aus korrosionsfestem Stahlguß für aggressive Medien und O_2 bis 90 °C

▶ **Selbsttätiger Druckregler** mit Flanschen DN 15 bis 200, PN 16 und 40, sowie DN 15 bis 125, PN 100, 250, Material Gußeisen und warmfester Stahlguß für nicht aggressive Gase und Dampf bis 450 °C.

Die Fa. *SMR-Armaturen*/Berlin (West) war mit Regelkugelhähnen vertreten, u. a. den Regelkugelhähnen VariBall DN 250, PN 40 mit aufgebautem elektrischem Regelstellantrieb, einem federbelasteten Sitzringsystem im Ein- und im Austritt einer auswechselbaren Regelscheibe mit variabler Öffnung; VariBall K DN 65, PN 16; VariBall C DN 40, PN 16 mit Innenteilen aus Keramik und aufgebautem pneumatischem Doppelkolbenstellantrieb und VariBall P DN 50, PN 10, Gehäuse und Innenteile aus glasfaserverstärktem Polypropylen, Regelscheibe auch aus Keramik für aggressive Medien.

Die ČSSR war auch in diesem Jahre mit einem breiten Spektrum elektrischer Stellantriebe vertreten.

Qualitätssicherung

Eine interessante Lösung für Qualitätssicherungssysteme in der Fertigung bietet das **System Qualidat MPT02** *(ZFT des Kombinats Spezialtechnik Dresden)*, ein spezieller Mikrorechner, der mit maximal 15 Meßwertgebern zusammenarbeitet. Als Geber eignen sich u. a. induktive Feinzeiger *(VEB Feinmeßzeugfabrik Suhl)* mit einer Auflösung bis zu 1 µm. Bis zu 150 Meßwerte/s werden ausgewertet. Das Gerät kann in den Betriebsarten Kalibrieren, Prüfen, statistische Auswertung betrieben werden. Ein angeschlossener Drucker liefert das Prüfprotokoll für das ausgewertete Fertigungslos. Über ein lokales Netz (maximal 500 m Koaxialkabel) können bis zu 16 Geräte an einen Leitrechner (z. B. BC A 5120) angeschlossen werden.

Bemerkenswerte Möglichkeiten für Produktion und Qualitätssicherung enthält die **Kraft/Weg-Meßanlage A 8274 KW** der Fa. *Itronic-Fuchs GmbH*/BRD. Neben Kraft/Weg-Kurvenverläufen und -Parametern von

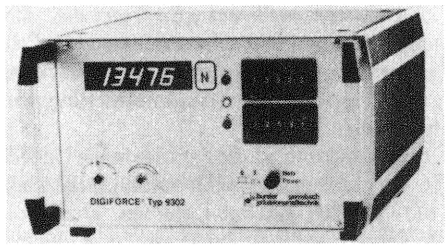


Bild 12. Kraftmeßgerät DIGIFORCE, Typ 9302

Tasten, Schaltern, Werkstoffen, Federn, Tauchspulen, Magneten, Bimetallen u. ä. können auch Kontaktschließ- und -öffnungspunkte überwacht werden. Der modulare Systemaufbau ermöglicht die kundenspezifische Konfigurierung. Das System mit der Grundeinheit, Prüftisch, Ansteuer- und Auswerteelektronik, kann bis zur universellen Meß- und Prüfstation mit freiprogrammierbarem X-Y-Tisch ausgebaut werden. Die Meßdaten können über Thermodrucker, X-Y-Schreiber oder IEC-Schnittstelle ausgegeben werden. Über letztere können mit einem PC in menügesteuerter Bildschirmführung die Meß- und Grenzkurven dargestellt werden (Meßbereiche Kraft 0 bis 1/10/100 N, Weg bis 20 mm).

Möglichkeiten zur Qualitätsprüfung und -sicherung eröffnen auch die **Kraftmeßgeräte DIGIFORCE** (Typ 9301 und 9302, Bild 12) aus dem breiten Angebotsspektrum der Fa. *burster präzisionsmeßtechnik*/BRD zu elektronischen Präzisionsmeßgeräten, Sensoren und Systemen elektrischer, thermischer und mechanischer Größen. Diese Meßgeräte ermöglichen z. B. bei der Herstellung von Einpreßverbindungen bei Großserienfertigung von Geräten in Verbindung mit robusten **Miniatur-Druckkraftaufnehmern (DMS, Typ 8401 R)** die Messung und Bewertung von Einpreßkräften (digitaler Klassierkomparator, Momentan-, Spitzenwert), die das wesentliche Merkmal von Qualität und Zuverlässigkeit einer Preßverbindung sind. Für registrierende Nachschaltgeräte stehen ein Spannungsausgang, für Drucker oder Rechner BCD-Ausgang, IEC-Bus oder Lichtwellenleiterausgang zur Verfügung.

msr 8904 (wird fortgesetzt)

DDR-Automatisierungs- und Elektrotechnik auf der ELEKTRO 87

An der 4. Internationalen Ausstellung „Elektrotechnische Ausrüstungen und Kraftübertragungsleistungen" — ELEKTRO 87 — vom 15. bis 24. Juli 1987 in Moskau, einem beachteten Treffpunkt der internationalen Elektrotechnik, nahmen 23 Länder teil. Neben der UdSSR, der BRD, Finnland und Österreich gehörte die DDR mit 1120 m² Ausstellungsfläche zu den bedeutendsten Ausstellern. Mehr als 10 Kombinate der Elektrotechnik, des Schwermaschinenbaus und des Industriebereiches Kohle und Energie stellten in den Ausstellungskomplexen Automatisierungstechnik, Energietechnik und technologische Ausrüstungen/Meß- und Prüftechnik moderne Erzeugnisse, darunter viele Neuentwicklungen, neue Technologien und ein umfangreiches Leistungsprogramm, vor.

Der hohe wissenschaftlich-technische Stand der Offerte zeigte sich in den Exponaten aller ausstellenden Kombinate. Das Prozeßleitsystem **audatec** aus dem *VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau* fand beispielsweise ein überaus großes Interesse bei Fachleuten und sowjetischen Repräsentanten. Das mikroprozessorgesteuerte Gerätesystem wurde in Moskau am Beispiel des Einsatzes in der chemischen Industrie sowie der Tagebauentwässerung und der Großflächenwasserhaltung in der Landwirtschaft demonstriert.

Bekanntlich hat die DDR besonders große Erfahrungen auf dem Gebiet des Braunkohlebergbaus. Komplizierter werdende geologische Bedingungen und der Einsatz leistungsstärkerer automatisierter Fördertechnik in Tagebauen erfordern objektiv den Übergang zu zentralgesteuerten und -überwachten Großflächenwasserhaltungsanlagen. Mit dem Einsatz des **audatec**-Systems können bis zu 1000 Brunnen der Filterbrunnengalerien automatisiert betrieben werden. Der Leistungsumfang umfaßt nicht nur die Lieferung, sondern alle Schritte von der Projekterarbeitung über die Montage bis hin zur komplexen Inbetriebnahme, der Ausbildung von Fachkadern für den Betrieb und selbstverständlich auch den Service.

Gewächshausregelungsanlagen aus dem gleichen Kombinat sind in der UdSSR seit langem erfolgreich im Einsatz. Erstmals vorgestellt wurde eine neue, mikroprozessorgesteuerte Lösung, die gegenwärtig mit sowjetischen Partnern in der Nähe von Riga praktisch erprobt wird. Sie wird eine nochmalige Verbesserung der Energieökonomie mit sich bringen.

Reges Interesse der Fachwelt und des Messepublikums erweckte auch die vorgestellte Rechentechnik. Erstmals gemeinsam im Ausland wurden die neuen 16-bit-Rechner **EC 1835** und **A 7150** in Verbindung mit hochauflösendem Digitalisiergerät und Plotter demonstriert. Im Modell wurde das elektronische Datenverarbeitungssystem **robotron EC 1057** vorgestellt. Es eignet sich unter Nutzung vielfältiger Konfigurationsmöglichkeiten besonders als Hostrechner in CAD/CAM-Systemen sowie in Mehrrechner- und Datenfernverarbeitungssystemen.

Mit dem grafischen Subsystem **EC 7945**, das verschiedene Grafikgeräte vereint, wurde ein Beispiel zur Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten eines EDV-Systems demonstriert.

Viel Aufmerksamkeit fand auch das Bildverarbeitungssystem **robotron A 6471,** für das Anwendungslösungen für automatisierte Mikroskopbildanalysen zum speziellen Einsatz in Medizin und Biologie, zur Automatisierung quantitativer Gefügeanalysen von metallischen und keramischen Werkstoffen, zur Auswertung zytologischer Ausstrichpräparate, zu allgemeinen Mikroskopbildanalysen und für Literaturrecherchen angeboten wurden. Diese Bildverarbeitungstechnik wurde bereits erfolgreich bei der Erforschung des Halleyschen Kometen eingesetzt. Durch die exakte Auswertung der von den Weltraumsonden VEGA I und II zur Erde gefunkten Bilder konnten wichtige Aussagen zur Größe und Struktur des von einer Gas- und Staubhülle umgebenen Kometenkerns ermittelt werden.

4-я международная выставка

ЭЛЕКТРО·87·ELEKTRO JR МОСКВА

„ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ" „ЭЛЕКТРО-87"

Die vorhandenen Softwarepakete sind hinsichtlich der Anwenderfreundlichkeit der Programmiersprachen, der Effektivität und Interaktivität marktbestimmend.

Im Rahmen des Komplexes Automatisierungstechnik wurde auch eine Auswahl aktiver und passiver elektronischer Bauelemente vorgestellt. Darunter befanden sich Mikroprozessoren und Bauelemente, die für den Einsatz in energiesparenden Antrieben, Steuerelementen für die Starkstromtechnik, Elektroenergieübertragungsanlagen und für die Automatisierungstechnik in Kraftwerken geeignet sind.

Für den effektiven Ablauf von Arbeitsprozessen stellte das *Kombinat Nachrichtenelektronik* das Bilderkennungssystem **BES 2000** vor, dessen Grundlage CCD-Zeilenfernseh-

kameras und Mikrorechentechnik bilden. Es ist zur Anwendung in der Roboter- und Handhabetechnik sowie zur Überwachung von Maschinen speziell für die Qualitätssicherung bestimmt.

Große Beachtung fanden auch die Exponate aus dem *Kombinat Elektro-Apparatewerke Berlin-Treptow „Friedrich Ebert"*. Spitzenplätze nahmen das Programmier- und Entwicklungssystem **P 8000**, das auch als CAD/CAM-Arbeitsplatz genutzt werden kann, der programmierbare Mehrkanalschreiber **PMM 100** zum Überwachen, Steuern und Protokollieren und nicht zuletzt die Steuerung **S 2000** ein. Diese wird gemeinsam mit dem System **P 8000** im *Moskwitsch-Werk* für die Produktionsprozeßsteuerung eingesetzt. Durch den Einsatz des Systems **P 8000** läßt sich eine hohe Produktivität erreichen. Mit der Bereitstellung einer Fülle von Software-Komponenten wird der Anwender in die Lage versetzt, weit in die Zukunft weisende Projekte bei gesicherten Hardware- und Software-Investitionen zu realisieren.

Auf der Grundlage von 16-bit-Rechentechnik wurden sowohl für die Automatisierung technologischer Prozesse als auch für den Schiffbau und für Elektrolokomotiven elektronische Einrichtungen entwickelt.

Mit den Gerätefamilien *„EAW-sensoric"*, *„EAW-electronic"* und *„EAW-actoric"* bietet das Kombinat ein umfassendes Programm von Geräten für die Verwirklichung zukunftsorientierter Automatisierungsvorhaben an.

Insgesamt konnten die Exporte in die UdSSR in den letzten Jahren durchschnittlich um 10% jährlich gesteigert werden. Durch die geplante Erhöhung der Produktion elektronischer Erzeugnisse um 40% wird der Elektronikanteil an der Gesamtproduktion des *Kombinates EAW* 60% erreichen und somit dem Export in die UdSSR neue Perspektiven eröffnen.

Großes Interesse fanden auch die ausgestellte *KWO-Lichtwellenleitertechnik* sowie Exponate der *Kombinate Elektromaschinenbau*, *Verbundnetze Energie* und *SKET*.

Der zusätzlichen Information zum Erzeugnisangebot, zum Leistungsumfang und zum wissenschaftlich-technischen Erfahrungsaustausch diente ein umfangreiches Fachvortragsprogramm während der Ausstellung.

Den Höhepunkt der DDR-Kollektivbeteiligung stellte der „Tag der DDR" am 17. Juli 1987 dar. Im Anschluß an die im Beisein des Ministers für Elektrotechnik und Elektronik, FELIX MEIER, und des 1. Stellvertreters des Ministers für elektrotechnische Industrie der UdSSR, ANATOLI GLOVATZKI, erfolgte Unterzeichnung eines Protokolls über die gegenseitigen Lieferungen in Höhe von 136 Millionen Rubel fand ein gutbesuchtes Pressegespräch statt, bei dem Minister MEIER zahlreiche Fragen der sowjetischen Journalisten beantwortete. Schwerpunkte waren die Zusammenarbeit beider Länder bei der Entwicklung und beschleunigten Einführung der Schlüsseltechnologien, die Erfahrungen bei der Zusammenarbeit mit sowjetischen Partnern und die Aufnahme von Produktionsdirektbeziehungen.

Zum Messeschluß konnten die sechs ausstellenden DDR-Außenhandelsbetriebe eine sehr erfolgreiche Bilanz ziehen. Dem vereinbarten Protokoll und weiteren Verträgen zufolge wird die DDR u. a. elektrische Schalt- und Prüfanlagen, elektrische Maschinen und Rechentechnik in die Sowjetunion liefern und von dort Halbleiterbauelemente und weitere Erzeugnisse der Elektrotechnik beziehen. Ein weiterer Vertrag mit dem Außenhandelsunternehmen *Sovelektro* über den Export von Ausrüstungen für sowjetische Kabelwerke beinhaltet die Lieferung von Anlagen für die Ummantelung von Kabeln sowie den Export von Verseilkomplexen und Drahtwebmaschinen.

msr 8786 G. STÖTZNER

INTOOLEX '87

Vom 3. bis 7. Februar 1987 fand in Zürich die internationale Fachmesse für Metallbearbeitung INTOOLEX '87 statt.

Auf einer Ausstellungsfläche von 12000 m² waren 198 Aussteller aus 30 Ländern beteiligt. Insgesamt waren mit Direktausstellern und über Vertragsfirmen 325 Firmen vertreten.

Parallel zur Ausstellung wurde an 3 Halbtagen ein Fachkongreß durchgeführt, der sich mit Problemen der Werkzeugtechnik in der spanenden Fertigung, der Werkzeugtechnik in der zukunftsorientierten Blechbearbeitung und dem modernen Formenbau für Kunststoff- und Metallteile befaßte.

Auf der INTOOLEX '87 wurde eine Vielzahl durchgängiger CAD/CAM-Lösungen vorgestellt. Einen Schwerpunkt bildeten hierbei CAD-Lösungen für die Entwicklung von Teilen, Umformwerkzeugen und Spritzwerkzeugen.

Der Trend zu modular aufgebauten Werkzeugsystemen für Bearbeitungszentren, Transferstraßen und Sondermaschinen hat sich weltweit durchgesetzt. Hohe Wechselgenauigkeit und Zuverlässigkeit durch entsprechende Koppel- und Spannsysteme stehen auch weiterhin im Vordergrund. Dies zeigte sich im Angebot an NC-Werkzeugsystemen und Werkzeugsystemen für den Einsatz auf flexiblen Fertigungssystemen zum Drehen.

Eine Vielzahl von Werkzeugvoreinstellgeräten unterstrich die Forderungen nach kurzen Werkzeugwechselzeiten und hoher Wechselgenauigkeit.

Auf dem Sektor der Schneidstoffe dominieren auch weiterhin die beschichteten Hartmetalle. Weiterentwicklungen gab es jedoch auch bei Bornitriden, Schneidkeramik und TiN-beschichteten HSS.

Im Bereich der Beschichtungstechnik stehen auch künftig die TiN-Beschichtung bei HSS-Werkzeugen sowie bei HM-Wendeschneidplatten die Mehrfach-Beschichtungen im Vordergrund, die eine hohe Zähigkeit des Grundwerkstoffes bei gleichzeitiger hochverschleißfester Oberfläche sichern.

Beispiele für Neu- und Weiterentwicklungen aus der Vielfalt der Exponate waren unter anderen:

- Voll-Titan-Wendeschneidplatten
- ein CBN-Werkzeug „Sumiboron BN 200", das aus feinem CBN-Pulver und einem speziellen Keramikbindemittel besteht
- ein HSS-Wendeschneidplatten-Bohrer „Duodex"
- das Kassettensystem DP 300 mit 3-Punkt-Feineinstellung für Sonderwerkzeuge
- ein hochpositiver Planfräser FM-45, der sich durch extrem weichen Schnitt und geringe Leistungsaufnahme auszeichnet. Durch seine Antivibrationseigenschaften wirkt er maschinenschonend und kann auch unter labilen Verhältnissen eingesetzt werden.
- ein induktiv lesbarer Mikrochip (ICS-System) mit großer Speicherkapazität im Werkzeugkopf des bekannten Multiflex-Werkzeugsystems
  In der weiteren Entwicklung sollen prozeßbedingte Daten, wie Standzeit und Schnittbedingungen, direkt aktualisiert werden. Der Speicherinhalt des Mikrochips kann immer wieder überschrieben werden.
- eine neuartige CAD-optimierte Schneidengeometrie für Sägeblätter mit der Bezeichnung „Rix-KOMBIDUR-positiv", deren Zahnspitzenabstand zwischen 5,644 mm und 8,58 mm schwankt
- ein Gerät zur Werkzeug-Nullsetzung mit Mikrometergenauigkeit unter der Bezeichnung „Base, Master BM 50"
  Das Gerät verfügt über eine Sensorplatte, die beweglich angeordnet ist. Zur Werkzeugeinstellung wird mit der Werkzeugspitze gegen die Sensorplatte gefahren, bis die LED-Lampe aufleuchtet. Der Abstand zum Werkstück beträgt 50 mm
- die Sintertechnologie S-HIP-1000
  Sie verbessert den HIP-Prozeß (heißisostatistisches Pressen oder Nachverdichten), in dem der HIP-Prozeß mit der eigentlichen Sinterung des Materials, also praktisch in der flüssigen Phase des Bindemittels (Kobalt, Nickel o. ä.) kombiniert wird. Das Sintern und Nachverdichten erfolgt in einem Arbeitsgang.

Die Erfolge des Veranstalters der beiden Veranstaltungen 1985 und 1987 trugen dazu bei, daß für Anfang 1989 die INTOOLEX '89 geplant ist.

msr 8718 K. KELLER

Automatisierungstechnik in der Montanindustrie

Am 17. und 18. Juni 1987 wurde im Rahmen des 38. Berg- und Hüttenmännischen Tages (BHT) der Bergakademie Freiberg das Kolloquium 15 „Automatisierungstechnik in der Montanindustrie" durchgeführt. Das gut besuchte Kolloquium mit internationaler Beteiligung umfaßte insgesamt 16 Vorträge und 8 Posterbeiträge zu den Themenkomplexen

- Automatisierung von Braunkohlentagebauen
- Technische Diagnostik
- Automatisierung in der Metallurgie.

Es gab bisher für die in der Montanindustrie (umfaßt Bergbau, Metallurgie und Teile der Grundstoffindustrie) tätigen Automatisierungstechniker nur wenig Möglichkeiten des wissenschaftlichen Gedankenaustausches und der Diskussion innerhalb des Tagungsgeschehens der DDR. Dieses Kolloquium war ausschließlich Problemen der Automatisierung der Montanindustrie gewidmet. In Zukunft sollen derartige Kolloquien, das nächste ist für 1989 geplant, zum festen Bestandteil des BHT werden.

Die Veranstalter hielten es für zweckmäßig, in einem einleitenden Vortrag „Die Lehr- und Forschungsaufgaben der Bergakademie Freiberg auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik" (P. METZING, H. FRANZ und H. REINHARDT/Freiberg) vorzustellen. Seit 1985 gibt es an der Bergakademie für ausgewählte Studenten technischer Fachrichtungen im Rahmen der vertieften Informatikausbildung die Möglichkeit einer erweiterten Ausbildung in „Prozeßautomatisierung", die in Übereinstimmung mit den Kombinaten eingeführt wurde und bei den Studenten positive Resonanz findet.

Den mit viel Interesse aufgenommenen Hauptvortrag des Kolloquiums hielt J. WERNSTEDT/Ilmenau zum Thema „Beratungssysteme zur Steuerung technologischer Prozesse". In eindrucksvoller Weise wurden die Notwendigkeit und die Möglichkeiten der Einbeziehung des menschlichen Wissens in die Überwachung und Steuerung technologischer Prozesse dargestellt. Aus den Industriebereichen der Stahlerzeugung und der Schaltkreisherstellung konnten erfolgreich arbeitende Beratungssysteme vorgestellt werden.

Die anwendungsorientierten Vorträge zum Themenkomplex **Automatisierung in Braunkohlentagebauen** wurden von H. REINHARDT, P. METZING und E. LORENZ/Freiberg mit einem Übersichtsbeitrag „Lösungsbeispiele, Aufgaben und Probleme der Automatisierung im Braunkohlenbergbau" eingeleitet. In den anschließenden Vorträgen über konkrete Automatisierungslösungen in der DDR-Braunkohlenindustrie berichteten zunächst H. PAUSE, H. NADEBORN und R. KLUS/Senftenberg über „Ein CAD/CAM-System zur Förderbrückensteuerung", mit dem erstmals eine durchgängige, von der Produktionsvorbereitung und dem Luftbild bis zur Prozeßführung reichende Lösung erzielt wurde.

H. BITTNER, H.-D. TOMMACK und K.-F. RAUM/Cottbus stellten dann in ihrem Vortrag „Verfügbare und künftige Automatisierungssysteme in der Tagebautechnik" vor. Über positive „Einsatzerfahrungen mit der mikrorechnergeführten Baggerprogrammsteuerung BPS 5000" berichteten K.-F. RAUM und P. MÜHLBACH/Cottbus. Der Vortrag von A. BRANDL und W. SCHREIBER/Bitterfeld über „Komplexautomatisierung in Braunkohlentagebauen — Zielstellung, Probleme und Lösungsvorschläge" stellte die vielfältigen Automatisierungsaufgaben im Tagebau und Lösungsmöglichkeiten in Form von informell verknüpften Teillösungen vor. Im Vortrag von R. TAUCHE und H. KUNATH/Schwarze Pumpe über „Automatische Bunkerbekohlung" wurden Automatisierungslösungen zu Kohleverteilungsproblemen dargelegt. Der abschließende Vortrag von E. LORENZ/Freiberg über „Konzeptionelle Untersuchungen zur Automatisierung von Schaufelradbagger-Absetzer-Kombinationen" brachte interessante Einblicke in die Problematik der noch zu lösenden automatisierten Steuerung von Direktversturzkombinationen im Braunkohlenbergbau. Der Themenkomplex endete mit der Vorstellung der Posterbeiträge von M. RUDOLPH/Senftenberg über „Praktische Erfahrungen mit der radiometrischen Aschegehaltsbestimmung im Braunkohlentagebau" und von J. SIMMANK/Schwarze Pumpe über „Rechnergestützte Energieabrechnung und Kontingentüberwachung".

Die Aufgabe der **Technischen Diagnostik** (TD) umfaßt die Gesamtheit aller Maßnahmen zur weitgehend demontagelosen Ermittlung des technischen Zustandes technologischer Systeme. Eine komplexe Automatisierung von Produktionsprozessen ist besonders im Bergbau und in der Metallurgie mit der Notwendigkeit der Integration der TD in das gesamte Automatisierungssystem zu verbinden. Entwicklungsaufgaben für die TD stellte D. TROPPENS/Rostock in seinem Vortrag „Verarbeiten und Bewerten der Informationen in der Technischen Diagnostik und Automatisierungstechnik" vor. Auf die Bedeutung und Anwendung wissensgestützter Verfahren zur Diagnose und Prozeßüberwachung ging St. BOCKLISCH/Karl-Marx-Stadt in seinem Vortrag „Technische Diagnostik mit Hilfe unscharfer Methoden" ein. An der Diagnose von Tragrollen an Bandförderanlagen wurde die praktische Anwendung des Unschärfekonzepts gezeigt. Erste praktische Erfahrungen der TD an Walzmaschinen einer Drahtwalzstraße und die Integration der gewonnenen Informationen in ein Prozeßdatenverarbeitungssystem einschließlich der damit verbundenen Hard- und Softwareproblematik stellte S. THIELE/Freiberg in seinem Vortrag „Zur Integration der TD in Prozeßdatenverarbeitungssysteme" vor. Die weiteren Vorträge zur Thematik TD beschäftigten sich mit dem „Nachweis von Reibungszustandsänderungen in geschmierten Gleitpaarungen mittels Schallemissionsanalyse" (S. UHLEMANN/Borna), der „Vorstellung eines mobilen Diagnose-Systems" (R. KNAUER, R. WENDLER/Unterwellenborn; A. ZÖLLNER/Magdeburg; G. GRIESBACH/Jena) und der „Identifikation akustischer Informationen und ihre Ausnutzung zur Unterscheidung von Kohle und Abraum auf einem Förderband" (L. TOMIS/Ostrava, ČSSR).

Die Beiträge zur **Automatisierung in der Metallurgie** behandelten recht unterschiedliche Probleme, wobei der Schwerpunkt bei der Vorstellung neuer Automatisierungslösungen für das Walzen unter Längszug lag („Steuerungskonzepte für das Walzen unter Längszug", G. OEHLSTÖTER, P. METZING, J. LOMMATZSCH, CH. HIRTH/Freiberg und „Modellierung und Steuerung von Walzgerüsten unter Längszug", CH. HIRTH, P. METZING, G. OEHLSTÖTER/Freiberg).

Des weiteren wurden Vorträge zur „Mathematischen Modellierung von Erzsinteranlagen" (L. BANHIDI/Miskolc, UVR), zur „Prozeßsteuerung des Bandgießprozesses als Baustein eines lokalen Rechnernetzes im Gießereibetrieb" (M. DALKOWSKI/Nachterstedt), zur „Mikrorechner-Prozeßsteuerung von Mehrzonenglühöfen" (M. KISS, C. RAFFEY/Miskolc, UVR), zur „Vorausschätzung des Si-Gehaltes in Roheisen durch Anwendung eines mathematischen Time-series-model" (A. SULYOK, J. CZEKKEL, F. SULCZ, I. GYRICZA, I. DALMI/Miskolc, UVR) und zur „Optimalen Steuerung der Betriebsweise von Hochofenwinderhitzern mittels Mikroprozessoren" (H. RUSINOWSKI/Gliwice, VR Polen) gehalten.

Eine Auswahl von insgesamt 13 Vorträgen dieses Kolloquiums wird zusammengefaßt unter dem Titel „Automatisierungstechnik in der Montanindustrie" als Freiberger Forschungsheft im VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig erscheinen.

msr 8770 P. METZING, H. REINHARDT

Einführung in die Meßtechnik. Von H. HART. 4., stark bearbeitete Auflage. Berlin: VEB Verlag Technik 1986. 379 Seiten, 357 Bilder, 90 Tafeln. 27,— M.
Bestell-Nr.: 552 931 1

Wenn ein Titel innerhalb von zehn Jahren eine 4. Auflage erfährt, spricht das eigentlich schon selbst für den Inhalt eines Buches und seine Qualität. Wurde bei der ersten Auflage (1977) das originelle Vorgehen des Autors hervorgehoben, den umfangreichen Stoff in Frage-Antwort-Form zu kleiden, um damit besonders dem Lernenden eine hilfreiche Wegleitung zu sein, so kann das für die 4. Auflage nur wiederholt werden. Natürlich sind bei der Bearbeitung einige gravierende Änderungen vorgenommen worden, um der aktuellen Entwicklung bezüglich der Rechnernutzung und -unterstützung Rechnung zu tragen — so werden die Analog- und Digitaltechnik nicht mehr separiert, sondern zwanglos nebeneinander behandelt, was andere Autoren schon mehrfach demonstrieren konnten, und Meßmittelprüfung, Meßwertverarbeitung sowie rechnergestützte Arbeit sind gebührend berücksichtigt. Dafür wurde der Abschnitt über die Meßmethoden gestrafft.
Schließlich fällt wohltuend auf, daß die äußere Gestaltung mit zweispaltigem Satz sowohl durch Schriftart als auch durch typografische Hervorhebung der Fragen und Beispiele wesentlich gewonnen hat.
Das Stichwortverzeichnis ist erfreulich detailliert gehalten, die frühere sehr umfangreiche Literaturliste (720 Zitate) ist sinnvollerweise auf neuere, gut zugängliche deutschsprachige Bücher reduziert worden.

B 2347 W. RICHTER

Automatische Meß- und Prüftechnik. Von U. FRÜHAUF. Berlin: VEB Verlag Technik 1987. 219 Seiten, 167 Bilder, 26 Tafeln. 30,— M.
Bestell-Nr.: 553 745 0

In der Liste der Schlüsseltechnologien stehen die Mikroelektronik und die Computertechnik an vorderster Stelle. Die Gründe dafür sind heute Gemeingut und müssen nicht übertrieben strapaziert werden. Unabdingbare Notwendigkeit ist die Existenz einer dem hohen Integrationsgrad adäquaten Prüftechnik, ohne die eine Produktion marktfähiger Funktionseinheiten illusorisch wäre. Immerhin können die Prüfkosten weit mehr als die Hälfte des herstellerseitigen Gesamtaufwandes ausmachen.
Die Zusammenfassung der ingenieur- und programmtechnischen Grundlagen sowie der Strategiekonzepte für die moderne elektronische Prüftechnik ist das Anliegen dieses Buches. Die beiden entsprechenden Kapitel nehmen rund die Hälfte des Umfangs ein. Zwei weitere Abschnitte sind den Interfaces der automatischen Meß- und Prüftechnik sowie den prüftypischen Systemkonponenten (z. B. Adapter, Stimuli oder Geräte) gewidmet. Ein kurzer Abschnitt mit Beispielen zu Logikanalysatoren sowie Tester für Leiterkarten und Schaltkreise beschließt das Buch.
Im Vorwort wird die Absicht erklärt, grundsätzliche Lösungs- und Applikationsmöglichkeiten für automatische Meß- und Prüfsysteme darzulegen. Diese Zielstellung wurde erreicht: der Leser kann, ausgerüstet mit den im Buch enthaltenen Grundkenntnissen, eigene Lösungsbeiträge erarbeiten — und das ist nötig, weil bei der anhaltend stürmischen Entwicklung auf dem Elektroniksektor jedes detaillierte Einzelbeispiel in kürzester Zeit als Vorbild an Brauchbarkeit verliert. Wer solche Vorbilder sucht, findet sie im Literaturverzeichnis mit rund 100 Zitaten, vorwiegend aus dem deutschsprachigen Raum und aus dem letzten Jahrzehnt.
Dem Buch ist eine schnelle Verbreitung sicher, benötigen doch heute so gut wie alle Anwender mikroelektronischer Funktionseinheiten für ihre problemangepaßte Lösung auch eine adäquate Prüftechnologie und -technik. Daß die Grundlagen dafür jetzt in einem Band der Reihe Meßtechnik verfügbar sind, ist ein Verdienst von Herausgeber, Autor und Verlag.

B 2349 W. RICHTER

ESPRIT '85. Status Report of Continuing Work. Amsterdam/New York/Oxford/Tokyo: North Holland 1986. 1424 Seiten.

Der Rezensent hat einigermaßen fassungslos vor den beiden dicken, von der EG-Kommission in Brüssel herausgegebenen und hellgrau gebundenen Bänden gestanden. „ESPRIT" steht für European Strategic Programme for Research in Information Technology — ein multidisziplinäres und multinationales Forschungs- und Entwicklungsprogramm zur Informationstechnologie, ein Programm, in dem in 12 westeuropäischen Ländern insgesamt 110 Einzelprojekte bearbeitet werden. Das Material, das eine öffentliche Rechenschaftslegung über Programmziele und bisherige Ergebnisse darstellen soll, wie sie auf der ESPRIT Technical Week im September 1985 in Brüssel vorgenommen wurde, weist auch die Listen der beteiligten, durchweg sehr bekannten Bearbeiterinstitutionen aus, aus der BRD beispielsweise die Namen *Siemens*, *AEG-Telefunken*, *BBC*, *Fraunhofer-Gesellschaft*, *Nixdorf*, *Kernforschungszentrum Karlsruhe*, *Universitäten Stuttgart und Bremen* u. a. Gegliedert ist das Programm in die 6 Unterprogramme: Fortgeschrittene Mikroelektronik, Softwaretechnologie, Fortgeschrittene Informationsverarbeitung, Bürosysteme, Rechnerintegrierte Fertigung (CIM), Informationsaustauschsysteme. Jedem der Unterprogramme vorangestellt werden seine Hauptzielstellungen und die daraus resultierenden Ziele einzelner, systematisch gegliederter F/E-Aktivitäten, teilweise bis hin zu den Hauptfristenplänen. Beispielsweise weisen die Aktivitäten 1.5. „Optoelektronik" im Unterprogramm 1. „Mikroelektronik" die in 1, 2 und 3 Jahren nach Projektbeginn anvisierten Ergebnisse (z. B. integrierter optoelektronischer 2,5-GHz-Sender) aus. Zu den einzelnen F/E-Aktivitäten werden dann Kurzreferate im Umfang einiger Zeilen bis zu einer Seite abgedruckt (mit Namen und Telefonnummer des Bearbeiters!), die überwiegend Ziele, aber auch schon Ergebnisse darlegen, sowie dann ausführlichere Wiedergabe von Ergebnissen auf etwa 10 bis 15 Seiten; insgesamt 82 solcher Technical Papers, in Tiefe und Breite ausführlicherer Tagungsbeiträge. Das Ausmaß an Information, das diesen fast 1500 Seiten entnommen werden kann, ist riesengroß. Schon die Verteilung auf die einzelnen Programmteile ist aufschlußreich. So erkennt man, daß auf dem Gebiet 2.1. „Theorie, Methoden und Werkzeuge" des Unterprogramms 2. „Softwaretechnologie" insgesamt 18 Arbeiten laufen (beteiligte Länder: B, BRD, DK, F, GB, I); mit insgesamt 12 F/E-Aktivitäten 3.1. „Knowledge Engineering" im Unterprogramm 3. „Informationsverarbeitung" befassen sich Institutionen aus den Ländern BRD, DK, F, GB, I, IRL. Dagegen ist die Anzahl der im Unterprogramm 5. „CIM" insgesamt aufgeführten Aktivitäten unerwartet niedrig (5.2. „CAD/CAE": 5, 5.3. „CAM": 3, 5.4. „Flexible Fertigungssysteme": 7), vergleicht man z. B. mit den 19 Einzelarbeiten zur Aktivität 4.2. „Fortgeschrittene Arbeitsplätze und Mensch-Maschine-Interfaces" im Unterprogramm 4. „Bürosysteme". Insgesamt: ein überaus beeindruckendes Material, sowohl vom offenbarten Stand und den dargelegten Zielen, aber auch von der offensichtlichen Effizienz der Forschungsorganisation im multinationalen Maßstab, und schließlich auch von der angestrebten Öffentlichkeit her.

B 2245 G. BRACK

Programmpaket zur optimalen Versuchsplanung. Von V. I. DENISOV und A. A. POPOV. Moskau: Finansy i statistika 1986. 159 Seiten, 5 Bilder, 39 Tafeln.

Die mathematischen Methoden der Versuchsplanung haben sich in der experimentellen Systemanalyse bei der Erhöhung der Effektivität experimenteller Untersuchungen bewährt. Die Kluft zwischen der weitentwickelten Theorie der Versuchsplanung und

ihrer praktischen Anwendung kann jedoch nur unter den Bedingungen arbeitsplatznaher Rechentechnik geschlossen werden, wenn entsprechende Software dem Anwender den Zugang zu den Methoden der Versuchsplanung erleichtert. Dazu reicht aber nicht die Bereitstellung von programmtechnischen Lösungen aus, die vom Anwender detaillierte Kenntnisse auf dem Gebiet der mathematischen Statistik voraussetzen."
Das Buch stellt eine ausführlichere Beschreibung eines für die ESER-Technik entwickelten Programmpakets OPEK-1 dar, das am Lehrstuhl für angewandte Mathematik des Elektrotechnischen Instituts in Novosibirsk entwickelt wurde. Zweifellos steht dem Anwender damit eine Weiterentwicklung der vom MEI Moskau entwickelten Programmpakete (PLANEKS, DIPLEX) zur Verfügung, insbesondere hinsichtlich der Einbeziehung der Bayesschen und Minimax-Planung bei in den Parametern nichtlinearen Schätzungen sowie der Versuchspläne und Schätzungen für dynamische Systeme u. a. Den mathematisch anspruchsvollen Algorithmen steht jedoch eine Stapelverarbeitung gegenüber. Hier kann nur ein Dialog mit entsprechenden wissensbasierten Auskunftssystemen helfen. Als Ansatz dafür wird das Buch angeboten, in dem notwendige theoretische Grundlagen der Versuchsplanung in straffer Form zusammengefaßt enthalten sind.
Vor jedem Algorithmus sind die theoretischen Fragen, die Aufgabenstellung und die Verfahren erläutert.
Anwendungen im ökonomischen Bereich zur Untersuchung der Fluktuation in einem Bezirk, zur Modellierung von Prozessen der Einführung neuer Erzeugnisse in die Produktion und zur Aufwandsminimierung in der Verarbeitungsindustrie zeugen nicht nur von der Effektivität des Programmpakets, sondern erschließen für die Versuchsplanung neue Anwendungsbereiche.

B 2308 J.-A. MÜLLER

Bussysteme in Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. Von J. SAWATZKY. Reihe Automatisierungstechnik, Heft 16. Betriebssektion der KDT des VEB GRW „Wilhelm Pieck" Teltow. Teltow 1986. 86 Seiten, 48 Bilder, 7 Tafeln, 8,— M.

Der 1986 mit der Barkhausen-Medaille für die Verteidigung einer der besten Dissertationen auf technischem Gebiet in der DDR geehrte und msr-Lesern bekannte Autor legt mit dieser Broschüre eine längst fällige Monografie zur Problematik der busgebundenen Datenübertragung vor.
Dezentral strukturierte mikrorechnergestützte Automatisierungsanlagen basieren auf der digitalen Informationsverarbeitung, -übertragung und -speicherung. Die digitalserielle Informationsübertragung wird in derartigen Strukturen durch Bussysteme realisiert. In der Broschüre geht der Autor ein auf

- Stellung und Bedeutung der seriellen Datenübertragung in Automatisierungsanlagen
- Strukturen und Funktionen der Bussysteme
- das Schichtenmodell der Datenübertragung
- Standardisierungen von Datenübertragungssystemen
- ausgewählte Anlagenbussysteme
- Entwicklungstendenzen bei Anlagenbussystemen.

Ausgehend von dem im Prozeßleitsystem „audatec" des VEB GRW „Wilhelm Pieck" Teltow verwendeten audatec-Bussystem wurden die Parameter leistungsfähiger Anlagenbussysteme ausgewählter internationaler Prozeßleitsysteme miteinander verglichen.
Auf Notwendigkeit, Stand und Perspektive der Standardisierung von digital-seriellen Datenübertragungssystemen wird eingegangen. Der Autor schätzt ein, daß neben den weit verbreiteten Anlagenbussystemen die Feldbussysteme zunehmend an Bedeutung gewinnen werden. Abgerundet wird die Broschüre durch ein umfangreiches Literaturverzeichnis, das dem Autor ein tiefgründiges Quellenstudium bescheinigt. Ein Sachwörterverzeichnis, das dem Leser die Möglichkeit des schnellen Einstiegs in die anspruchsvolle Thematik erlaubt, wird vermißt. Die Problematik der digital-seriellen Datenübertragung wird so verständlich und übersichtlich dargestellt, daß sie einen breiten technisch allgemein interessierten Leserkreis anspricht. Zu beziehen ist die Veröffentlichung über die Betriebssektion der KDT oder die Zentrale Informationsstelle Wissenschaft und Technik des VEB GRW „Wilhelm Pieck" Teltow, Oderstraße 74—76, Teltow, 1530 zum obengenannten Preis.

B 2236 L. BLACKERT

Leitstandunterstützte kurzfristige Fertigungssteuerung bei Einzel- und Kleinserienfertigung. Von L. ALDINGER. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag. 151 Seiten, 49 Bilder, 2 Tafeln.

Die enge Verknüpfung der kurzfristigen Fertigungssteuerung mit dem Produktionsprozeß erfordert die Berücksichtigung betriebsspezifischer Besonderheiten, wie fertigungstechnischer Gegebenheiten sowie Aufbau- und Ablauforganisation. Aus diesem Sachverhalt resultieren Probleme, denen nicht allein mit standardisierten Lösungen Rechnung getragen werden kann. In diesem Buch werden deshalb, ausgehend von einer Analyse der Anforderungen und vorhandener Systeme, Lösungen diskutiert und vorgeschlagen, mit denen die benötigten Informationen für die kurzfristige Fertigungssteuerung so bereitgestellt werden können, daß dabei gleichzeitig Verbesserungen bei der Überwachung, Steuerung und kurzfristigen Planung des Produktionsprozesses möglich sind. Der Verfasser bezeichnet diese Lösung als Leitstandsystem. Damit werden die Inhalte und Abläufe der Informationsbereitstellung, der Überwachung und Steuerung so konzipiert, daß der Disponent am Leitstand wesentliche Arbeitserleichterung erfährt und ihm neue und flexible Arbeitsmittel zur Verfügung gestellt werden.
Anhand des konkreten Projektes eines Maschinenbaubetriebes werden eine erarbeitete Lösung vorgestellt und ihre Praxiswirksamkeit eingeschätzt. Die Arbeit stellt gleichzeitig eine Basis zur Weiterentwicklung universeller Fertigungsleitstände dar. Sie geht davon aus, daß der Mensch nach wie vor als Aktivposten in die Fertigungssteuerung einbezogen bleibt und dementsprechend auch die zur Verfügung zu stellenden Hilfsmittel, hier der Leitstand, zu gestalten sind.

B 2217 H. TÖPFER

Optoelektronik II. Photodioden, Phototransistoren, Photoleiter und Bildsensoren. Von G. WINSTEL und C. WEYRICH. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1986. 260 Seiten, 69 Bilder.

Es handelt sich hierbei um den Band 11 der Serie Halbleiter-Elektronik, die als handliche Studienbibliothek entwickelt wurde. Entsprechend dieser Zielstellung sind Umfang und Darstellungsmethode dieses Bandes angelegt. Anhand übersichtlicher Bilder und Skizzen zu Bauelementequerschnitt, Bändermodellen und Hauptcharakteristiken werden die wichtigsten innerelektronischen Vorgänge erläutert und mit Hilfe der Grundgleichungen der Halbleiterelektronik praktisch nützliche analytische Beziehungen für elektrische Kenngrößen hergeleitet. Der Leser wird mit den Funktionsprinzipien vertraut gemacht, aber auch durch das analytische Wissen selbst angeregt, Maßnahmen zur Veränderung (Verbesserung) der Bauelementeparameter und zu optimalen Anwendungen zu ergreifen.
Dieser Band konzentriert sich auf die Fotosensoren (Fotodioden, Fototransistoren, Fotoleiter und Bildsensoren). Neben den klassischen Konstruktionsformen auf Siliziumbasis werden auch die moderneren Heterostrukturen, insbesondere für die Lichtwellenleitertechnik, behandelt. Bei den Bildsensoren stehen die CCD-Strukturen im Vordergrund. Das Buch kann elektronisch orientierten Lesern zur Weiterbildung empfohlen werden.

B 2220 A. MÖSCHWITZER

Kurzfassungen

WENDT, H.:

Anlagenautomatisierung — ein Hauptweg technischen Fortschritts im Lichte ökonomischer und sozialer Voraussetzungen und Zielstellungen

msr, Berlin 31 (1988) 7, S. 290—293

Gestützt auf ein marxistisch-leninistisches Technikverständnis wird der Fortschritt auf dem Gebiet der Anlagenautomatisierung analysiert. Anlagenautomatisierung wird als wesentlicher Prozeß in der wissenschaftlich-technischen Revolution dargestellt. Politische, ökonomische und soziale Aspekte dieses Prozesses werden zu den entsprechenden Voraussetzungen und Zielstellungen der DDR in Beziehung gesetzt. Abschließend werden Konsequenzen für die weitere Entwicklung von Leistungsbereitschaft und Leistungsvermögen in der wissenschaftlich-technischen Arbeit abgeleitet.

BANDEMER, H.-W.; REIMANN, F.

Ein neues Verfahren zur Optimierung empirischer Funktionen mit überlagerten Zufallsfehlern

msr, Berlin 31 (1988) 7, S. 293—297

Ausgehend von der mathematischen Problemstellung der Optimierung empirischer Funktionen mit überlagerten Zufallsfehlern wird die Wahl einer geeigneten Suchrichtung behandelt. Als Ergebnis dieser Betrachtungen wird ein Bewertungskriterium für die Wahl einer Suchrichtung angegeben. Dieses Bewertungskriterium bildet die Grundlage für das anschließend vorgestellte neue Optimierungsverfahren. Abschließend werden ein numerisches Beispiel und Ergebnisse von Simulationsrechnungen zu diesem Verfahren angegeben.

NEUMANN, P.; SAWATZKY, J.:

Kommunikationssysteme in der Automatisierungstechnik (Teil 2)

msr, Berlin 31 (1988) 7, S. 298—304

Nach einer allgemeinen Einordnung der Kommunikationssysteme in die Hierarchie der Automatisierungsmittel (Teil 1 im Heft 6/88) wird ein Überblick über den Stand, die Standardisierungsbestrebungen und die Entwicklungstendenzen für Prozeßbussysteme und Feldbussysteme gegeben. Ausführlicher wird auf die technischen Forderungen an Feldbussysteme hinsichtlich Echtzeitverhalten, Zuverlässigkeit und Topologie sowie auf einige Schlußfolgerungen für deren Entwicklung eingegangen.

ALBRECHT, H. E.; FUCHS, W.; HÜBNER, K.; KRAMER, R.; KRÖGER, W.:

Laser-Anemometrie

msr, Berlin 31 (1988) 7, S. 304—311

Mit dem Laser-Doppler-Anemometer (LDA) und dem Laser-Laufzeit-Anemometer (LLA) stehen der Forschung und Entwicklung leistungsfähige Meßplätze zur berührungslosen quasipunktförmigen Strömungsmessung zur Verfügung. Mit ihnen kann ein Geschwindigkeitsbereich von $v < 1$ mm/s bis $v > 500$ m/s überstrichen werden. Mit dem LDA ist die Rekonstruktion des Momentanwerte-Zeitverlaufes der Strömungsgeschwindigkeit möglich, darüber hinaus erlaubt es die simultane Dreikomponentenmessung. Das LLA ist besonders für den Bereich hoher Geschwindigkeiten und für Messungen in engen Kanälen geeignet.

SCHMIDT, P.:

Prozeßnahes Steuerungs- und Regelungssystem EAW-electronic S2000 und seine Anwendung (Teil 2)

msr, Berlin 31 (1988) 7, S. 312—314

Im Beitrag, dessen erster Teil im Heft 6/88 erschien, werden Hardware- und Softwarekomponenten des prozeßnahen Steuerungs- und Regelungssystems EAW-electronic S2000 mit den Teilkonfigurationen S2000-S und S2000-R vorgestellt. Das System ist durch leistungsfähige Softwarewerkzeuge und eine einheitliche, robuste und kompaktmodulare Hardwarekonstruktion gekennzeichnet.

MUTSCHKIN, W.:

Direkte digitale Regelung nach dem Prinzip der Lokalisation

msr, Berlin 31 (1988) 7, S. 315—317

An Regelstrecken mit zeitvarianten bzw. nicht genau bekannten Parametern sichern diskrete Regler nach dem Prinzip der Lokalisation das gewünschte dynamische Verhalten des Regelkreises. Für den Entwurf des Reglers ist lediglich die Kenntnis der Grenzen, in denen sich die Parameter ändern, erforderlich. Wesentlich für die Güte der Regelung ist es, daß der innere, „lokale" Kreis schnell gegenüber einer äußeren überlagerten Rückführung gemacht wird.

Резюме

WENDT, H.:

Автоматизация устройств — один из главных путей технического прогресса в свете экономических и социальных предпосылок и целеустановок

msr, Berlin 31 (1988) 7, стр. 290—293

Опираясь на марксистко-ленинское понимание техники анализируется процесс в области автоматизации устройств. Автоматизация устройств представлена как важный процесс научно-технической революции. Политические, экономические и социальные аспекты этого процесса ставятся в отношение к соответствующим предпосылкам и целеустановкам в ГДР. В заключении выведены выводы для дальнейшего развития готовности к работе и работоспособности в научно-технической работе.

BANDEMER, H.-W.; REIMANN, F.:

Новый метод оптимирования эмпирических функций с наложенными случайными ошибками

msr, Berlin 31 (1988) 7, стр. 293—297

Исходя из установки математической проблемы оптимирования эмпирических функций с наложенными случайными ошибками рассматривается выбор подходящего направления поиска. В результате данных рассмотрений указан критерий оценки выбора направления поиска. Данный критерий оценки образует основу для представленного затем нового метода оптимирования. В заключении указаны цифровой пример и результаты моделирующих вычислений к этому способу.

NEUMANN, P.; SAWATZKY, J.:

Системы коммуникации в области техники автоматизации (часть 2)

msr, Berlin 31 (1988) 7, стр. 298—304

После общего включения систем коммуникации в иерархию средств автоматизации (часть 1 в журнале 6/88) дан обзор о состоянии, тенденциях по стандартизации и развитию систем шин процессов и поля. Более подробно останавливают на технических требованиях к системам шины поля относительно поведения в реальном масштабе времени, надежности и топологии, а также на ряде выводов для их развития.

ALBRECHT, H. E.; FUCHS, W.; HÜBNER, K.; KRAMER, R.; KRÖGER, W.:

Лазерная анемометрия

msr, Berlin 31 (1988) 7, стр. 304—311

При помощи лазерного анемометра Допплера и лазерного анемометра времени прогона области исследования и развития имеют мощные измерительные места для бесконтактного квазиточечнообразного измерения потока. С помощью данных мест измерения можно перекрыть диапазон скорости начиная от $v < 1$ мм/с до $v > 500$ м/с. При помощи лазерного анемометра Допплера возможна реконструкция временной характеристики мгновенных значений скорости потока; кроме того, он позволяет одновременное измерение трех компонент. Лазерный анемометр временной характеристики особенно годится для диапазона высоких скоростей и для измерений в узких каналах.

SCHMIDT, P.:

Система управления и регулирования, близкая к процессу, ЭАВ-электроник S2000 и ее применение (часть 2)

msr, Berlin 31 (1988) 7, стр. 312—314

В данной статье, первая часть которой была опубликована в журнале 6/88, представлены компоненты аппаратурного обеспечения и матобеспечения системы управления и регулирования, близкой к процессу, ЭАВ-электроник S2000 с частичными конфигурациями S2000-S и S2000-R. Система характеризована мощными инструментами матобеспечения и единой, солидной и компактномодульной конструкцией аппаратурного обеспечения.

MUTSCHKIN, W.:

Непосредственное цифровое регулирование по принципу локализации

msr, Berlin 31 (1988) 7, стр. 315—317

На объектах регулирования с временными вариантами или с не точно известными параметрами дискретные регуляторы сохраняют по принципу локализации желаемое динамическое поведение цепи регулирования. Для разработки регулятора требуется лишь знание границ, в рамках которых изменяются параметры. Важно для качества регулирования то, что внутренняя „локальная" цепь образуется быстро по отношению к внешней наложенной обратной связи.

Summaries

WENDT, H.:

Plant Automation — a Maine Line of the Technical Progress Considered from the Viewpoint of Economical and Social Prerequisites and Objects

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 290—293

Following Marx's and Lenin's consideration of the technical development the author analyses the progress in the field of plant automation which is shown to be an essential process within the scientific-technical revolution. Political, economical and social aspects of this process are put into a relation to the corresponding prerequisites and objects of the GDR. Finally, consequences for further development of performance and capacity in scientific-technical work are derived.

BANDEMER, H.-W.; REIMANN, F.:

A New Method for Optimizing Empirical Functions Containing Superposed Random Errors

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 293—297

Starting from the mathematical problem statement of optimizing empirical functions containing superposed random errors the authors deal with the choice of a suited search direction. As a result of these considerations they present an evaluation criterion for selecting a search direction. This evaluation criterion forms the basis for the new optimization method presented. Finally, a numerical example and simulation results of this method are given.

NEUMANN, P.; SAWATZKY, J.:

Communication Systems in Automation (Part 2)

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 298—304

After having generally classified the communication systems within the hierarchy of automation means (part 1 in No. 6/1988) the authors give an overview of the state, standardization activities and trends of process bus systems and field bus systems. The technical requirements for field bus systems with regard to real-time behavior, reliability and topology as well as some conclusions for their development are treated in a more detailed way.

ALBRECHT, H. E.; FUCHS, W.; HÜBNER, K.; KRAMER, R.; KRÖGER, W.:

Laser Anemometry

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 304—311

Due to the laser Doppler anemometer and the laser delay-time anemometer, research and development work disposes of efficient measuring stations for the contactless point-like flow measurement covering a speed range of $v < 1$ mm/s up to $v > 500$ m/s. In the case of the laser Doppler anemometer the reconstruction of the instantaneous value time function of the flow speed is possible and furthermore the simultaneous three-component measurement can be carried out. The laser delay-time anemometer is particularly suited for the high-speed domain and for measurements in narrow channels.

SCHMIDT, P.:

Process Control System EAW-electronic S2000 and Its Application (Part 2)

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 312—314

In the contribution whose first part has been published in No. 6/1988 the hardware and software components of the process control system EAW-electronic S2000 with the partial configurations S2000-S and S2000-R are represented. The system is characterized by efficient software tools and a unified, robust and modular hardware construction.

MUTSCHKIN, W.:

Direct Digital Control Based on the Principle of Localization

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 315—317

For plants having time-variable or not exactly known parameters, discrete controllers designed according to the principle of localization assure the desired dynamical behaviour of the feedback control system. The controller design only needs a knowledge of the limits of the parameter changes. In order to obtain a good feedback control performance the inner "local" loop is to be made fast in contrast to the outer superposed feedback.

Résumés

WENDT, H.:

Automatisation d'installations — une ligne principale du progrès technique considérée d'un point de vue des conditions préalables et fins économiques et sociales

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 290—293

En suivant la considération du développement technique en sens de Marx et de Lenin, l'auteur analyse le progrès au champ de l'automatisation d'installations qui est représentée comme un processus essentiel dans la révolution scientifique-technique. Les aspects politiques, économiques et sociaux de ce processus sont mis en relation avec les conditions préalables et fins correspondantes de la RDA. Finalement, les conséquences pour le développement ultérieur de la performance et capacité dans le travail scientifique-technique sont dérivées.

BANDEMER, H.-W.; REIMANN, F.:

Une méthode nouvelle pour l'optimisation de fonctions empiriques contenant des erreurs aléatoires superposées

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 293—297

A partir de la formulation mathématique du problème de l'optimalisation des fonctions empiriques contenant des erreurs aléatoires superposées, les auteurs traitent le choix d'une apte direction de recherche. Comme un résultat de ces considérations, ils présentent un critère d'évaluation pour choisir une direction de recherche. Ce critère d'évaluation forme la base pour la méthode nouvelle d'optimalisation présentée. Finalement, un exemple numérique et des résultats de simulation de cette méthode sont donnés.

NEUMANN, P.; SAWATZKY, J.:

Les systèmes de communication dans l'automatisation (partie 2)

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 298—304

Après ayant généralement classifié les systèmes de communication en dedans de la hiérarchie des moyens d'automatisation (partie 1 dans No. 6/1988), les auteurs donnent un aperçu sur l'état, les activités de standardisation et les tendances pour les systèmes de bus de processus et les systèmes de bus de champ. Les exigences techniques pour les systèmes de bus de champ en vue du comportement en temps réel, de la fiabilité et de la topologie ainsi que quelques conclusions pour leur développement sont traitées d'une manière plus détaillée.

ALBRECHT, H. E.; FUCHS, W.; HÜBNER, K.; KRAMER, R.; KRÖGER, W.:

Anémométrie par laser

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 304—311

Grâce aux anémomètres laser Doppler et anémomètres laser temps de parcours, la recherche et le développement disposent de postes de mesure efficaces pour la mesure d'écoulement quasi-ponctuelle sans contact, la gamme de vitesse s'étendant de $v < 1$ mm/s à $v > 500$ m/s. En cas des anémomètres laser Doppler, la reconstruction de la fonction temporelle des valeurs instantanées de la vitesse d'écoulement est possible et, en outre, la mesure à trois composantes simultanée peut se réaliser. Les anémomètres laser temps de parcours sont particulièrement apte au domaine des hautes vitesses et aux mesures dans des canaux étroits.

SCHMIDT, P.:

Le système de commande et de réglage EAW-electronic S2000 et son emploi (partie 2)

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 312—314

Dans cette contribution dont la première partie était publiée dans le No. 6/1988, les composants matériel et logiciel du système de commande et de réglage de processus EAW-electronic S2000 avec les configurations partielles S2000-S et S2000-R sont présentés. Le système est caractérisé par des outils logiciel efficaces et une construction matériel unifiée robuste et modulaire.

MUTSCHKIN, W.:

Régulation numérique directe basée sur le principe de la localisation

msr, Berlin 31 (1988) 7, pp. 315—317

Pour les objets à asservir qui ont des paramètres étant variables en temps ou ne pas précisément connus, les régulateurs discrets conçus selon le principe de la localisation réalisent le comportement dynamique désiré du système asservi. Pour le projet du régulateur, on n'a besoin que de la connaissance des limites des changements paramétriques. Pour obtenir un bon comportement de régulation, il faut que la boucle „locale" intérieure est faite rapide en comparaison avec le retour extérieur superposé.

Neue Bücher aus der UdSSR

Hierbei handelt es sich um neue Titel aus der UdSSR, die dem sowjetischen Neuerscheinungsdienst „Novye knigi" entnommen sind. Die Bücher können über den Volksbuchhandel bestellt werden.

[1] Maslov, V.; Mjasnikov, V.; Danilov, V.: Matematičeskoe modelirovanie avarijnogo bloka Černobyl'skoj AEC (Mathematische Modellierung des Havarieblocks des Kernkraftwerks Černobyl'). Nauka. 1. Quart. 1988. NK 87-50 (11).

[2] Matematičeskaja kibernetika i prikladnaja matematika (Mathematische Kybernetik und angewandte Mathematik). Elm(AzSSR). 4. Quart. 1988. NK 87-51 (32).

[3] Aliev, F.: Metody rešenija prikladnych zadač optimizacii dinamičeskich sistem (Methoden zur Lösung angewandter Aufgaben der Optimierung dynamischer Systeme). Elm(AzSSR). 4. Quart. 1988. NK 87-51 (35).

[4] Modelirovanie i optimizacija chimičeskich processov (Modellierung und Optimierung chemischer Prozesse). Elm(AzSSR). 4. Quart. 1988. NK 87-51 (64).

[5] Gnedenko, B.; Kovalenko, I.: Vvedenie v teoriju massovogo obsluživanija (Einführung in die Bedienungstheorie). Nauka. 1987. NK 87-51 (543).

[6] Antušev, G.: Metody parametričeskogo sinteza složnych techničeskich sistem (Methoden der parametrischen Synthese komplizierter technischer Systeme). Nauka. 1. Quart. 1989. NK 88-1 (91).

[7] Kondrat'ev, O.: Algoritmy raspredelenija resursov mnogoprocessornoj vyčislitel'noj sistemy (Algorithmen der Verteilung der Ressourcen von Mehrprozessorsystemen). Nauč. centr ANUSSR. 4. Quart. 1988. NK 88-1 (93).

[8] Statistika i upravlenia slučajnymi processami (Statistik und Steuerung stochastischer Prozesse). Nauka. 1. Quart. 1989. NK 88-1 (107).

[9] Komarov, V.: Upravlenčeskie imitacionnye igry (Simulations-Planspiele). Nauka. 1. Quart. 1989. NK 88-1 (220).

[10] Ickovič, E.; Sorkin, L.: Operativnoe upravlenie nepreryvnym proizvodstvom: zadači, metody, modeli (Operative Steuerung kontinuierlicher Produktion: Aufgaben, Methoden, Modelle). Nauka. 1. Quart. 1989. NK 87-52 (47).

[11] Muminov, N.: Imitacionnoe modelirovanie avtomatizirovannych technologičeskich kompleksov v mašinostroenii (Simulation automatisierter technologischer Komplexe im Maschinenbau). Nauka. 1. Quart. 1989. NK 87-52 (50).

[12] Rečevaja informatika (Sprachinformatik). Nauka. 1. Quart. 1989. NK 87-52 (51).

[13] Upravlenie processami i resursami v raspredelennych sistemach (Steuerung von Prozessen und Ressourcen in verteilten Systemen). Nauka. 1. Quart. 1989. NK 87-52 (53).

[14] Ryžkov. V.: Dinamičeskie seti Petri (Dynamische Petri-Netze). Nauč. Vyčislit. centr AN SSSR. 2. Quart. 1988. NK 87-52 (56)

[15] Abramov, A.; Nažmudinova, M.: Issledovanie dinamiki faktornych elastičnostej proizvodstvennych funkcij (Untersuchung der dynamischen Faktoren der Elastizität von Produktionsfunktionen). Nauč. Vyčislit. centr AN SSSR. 3. Quart. 1988. NK 87-52 (57).

[16] Achremenkov, A.: Modelirujuščij kompleks dlja imitacii vodnych ekosistem (Modellierungskomplex zur Simulation von Hydroökosystemen). Nauč. Vyčislit. centr. AN SSSR. 2. Quart. 1988. NK 87-52 (61).

[17] Vartanov, M.; Žarskij, M.; Solodov, V.: Dialogovye sistemy planirovanija i upravlenija (Dialogsysteme zur Planung und Steuerung). Nauč. Vyčislit. centr AN SSSR. 4. Quart. 1988. NK 87-52 (63).

[18] Vinokur, M.; Sokol, V.: Identifikacija parametrov modeli neftjanogo mestorožđenija pri optimizacii planirovanija dobyči nefti (Identifikation der Parameter von Modellen von Erdölfundstätten bei der Optimierung der Erdölerkundung). Nauč. Vyčislit. centr AN SSSR. 2. Quart. 1988. NK 87-52 (65).

[19] Voinov, A.; Tonkich, A.: Imitacionnaja model' ekosistemy ozera Pleščeevo (Simulationsmodell des Ökosystems des Sees Pleščeevo) Nauč. Vyčislit. centr. AN SSSR. 1. Quart. 1988. NK 87-52 (66).

[20] Gasanov, I.: Mnogokriterial'naja zadača stochastičeskogo optimal'nogo upravlenija v slučae diskretnogo vremeni (Aufgabe der stochastischen polyoptimalen Steuerung für den Fall diskreter Zeit). Nauč. Vyčislit. centr. AN SSSR. 2. Quart. 1988. NK 87-52 (68).

[21] Gorelik, V.; Lecenko, T.; Rulev, G.: O nekotorych klassach optimizacionnych i igrovych zadač raspredelenija resursov s negladkimi kriterijami (Zu einigen Klassen von Aufgaben der Optimierung und Spieltheorie bei der Verteilung von Ressourcen für nichtglatte Kriterien). Nauč. Vyčislit. centr AN SSSR 2. Quart. 1988. NK 87-52 (70).

[22] Davydov, E.; Isičenko, I.: Nekotorye diskretnye zadači teorii upravlenija (Einige diskrete Aufgaben der Steuerungstheorie). Nauč. Vyčislit. centr AN SSSR. 1. Quart. 1988. NK 87-52 (71).

[23] Degtjareva, L.; Isaev, I.: Sintez optimal'nych korrektnych algoritmov raspoznavanija na baze raznorodnych evristik (Synthese optimaler korrekter Erkennungsalgorithmen auf der Grundlage verschiedenartiger Heuristiken). Nauč. Vyčislit. centr AN SSSR. 3. Quart. 1988. NK 87-52 (72).

[24] Dekompozicija i optimizacija v složnych sistemach (Dekomposition und Optimierung in komplizierten Systemen). Nauč. Vyčislit. centr AN SSSR. 3. Quart. 1988. NK 87-52 (73).

[25] Džigardžjan, O.; Rubalskij, G.: Modeli upravlenija zapasami s vinerovskim sprosom (Modelle zur Lagersteuerung mit Wienerscher Nachfrage). Nauč. Vyčislit. centr AN SSSR. 3. Quart. 1988. NK 87-52 (76).

[26] Žadan, V.: Biblioteka lokal'nych metodov mnogokriterial'noj optimizacii v dialogovom komplekse programm DISO/PK (Bibliothek von lokalen Methoden zur Polyoptimierung im Dialogkomplex DISO/PK). Nauč. Vyčislit. centr. AN SSSR. 4. Quart. 1988. NK 87-52 (77). msr 8876

Impressum

messen · steuern · regeln

Herausgeber: Kammer der Technik, Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA)

Verlag: VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, DDR-1020, Telegrammadresse: Technikverlag Berlin; Telefon 2 87 00; Telex: 011 222 8 techn dd

Verlagsdirektor: Dipl.-Ing. Klaus Hieronimus

Redaktion: Dr.-Ing. Dietrich Werner, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2 87 03 62)
Dr.-Ing. Jürgen Wede, Redakteur (Telefon: 2 87 03 74)

Gestaltung: Karen Wohlgemuth (Telefon: 2 87 02 88)

Lizenz-Nr.: 1112 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik

AN (EDV): 15 936

Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft

Heftpreis: 4,— M, Abonnementpreis vierteljährlich 12,— M; Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebs BUCHEXPORT zu entnehmen

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer", Bad Langensalze, 1820

Anzeigenannahme: Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigen-Annahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen des VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, 1020. Anzeigenpreisliste Nr. 7; Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, Hermann-Duncker-Str. 89, Berlin, DDR-1157

Rechtsvorbehalt: Nachdrucke, Übersetzungen sowie Vervielfältigung jeglicher Art von vollständigen oder auszugsweisen Text- oder Bildbeiträgen bedürfen der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlages. Referate, Besprechungen und genehmigte Vervielfältigungen sind nur mit genauer Quellenangabe zulässig. Erfüllungsort ist der Sitz des Verlages in Berlin-Mitte.

Bezugsmöglichkeiten:

DDR: sämtliche Postämter

SVR Albanien: Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Bruga Konference e Pezes, Tirana

VR Bulgarien: Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia

VR China: China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P.O. Box 88, Beijing

ČSSR: PNS — Ústřední Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Slezska 11, 12000 Praha 2; PNS, Ústredná Expedicia a Dovoz Tlače, Posta 002 885 47 Bratislava

SFR Jugoslawien: Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarako Produzeče MLADOST, Ilica 30, Zagreb

Koreanische DVR: CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang

Republik Kuba: Empresa de Comercio Exterior de Publicaciones, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana

VR Polen: C. K. P. i. W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa

SR Rumänien: D.E.P. Bukureşti, Piaţa Scientenii, Bukureşti

Ungarische VR: P.K.H.I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P.O. Box. 16, 1426 Budapest

UdSSR: Städtische Abteilungen von Sojuzpečat oder Postämter und Postkontore

SR Vietnam: XUNHASABA, 32, Hai Ba Trung, Hanoi

BRD und Berlin (West): ESKABE Kommissions-Grossobuchhandel, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141—167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30

Österreich: Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, A-2345 Brunn am Gebirge

Schweiz: Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstraße 109, 8033 Zürich

Alle anderen Länder: örtlicher Buchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, Postfach 160, Leipzig, DDR-7010 und Leipzig Book Service, Talstraße 29, Leipzig, DDR-7010.

Abnahmebedingungen:

Die Redaktion veröffentlicht nur Originalbeiträge. Für Nachdrucke, Übersetzungen oder Vervielfältigungen jeglicher Art gilt der Rechtsvorbehalt. Die Redaktion behält sich Änderungsvorschläge bei der Beitragsbearbeitung vor. Die Beiträge müssen generell mit einer Veröffentlichungsfreigabe des Betriebes oder der Institution der Autoren versehen sein.

Bei der Anfertigung von Beiträgen sind unbedingt die Manuskripthinweise zu beachten. Diese sind dem Heft 5/1988, S. 237, zu entnehmen bzw. werden von der Redaktion auf Anfrage zugesandt. Die Einhaltung der Manuskripthinweise bildet die Voraussetzung für eine zügige und sachgerechte Beitragsbearbeitung.

IFAC/IFORS/IMACS-Symposium "Large Scale Systems: Theory and Applications"

Die Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT veranstaltet gemeinsam mit den Technischen Komitees „Systems Engineering", „Economic and Management Systems" und „Social Effects of Automation" der International Federation of Automatic Control (IFAC), der International Federation of Operation Research Societies (IFORS), der International Association for Mathematics and Computers in Simulation (IMACS), der Akademie der Wissenschaften der DDR und der Akademie für Landwirtschaftswissenschaften der DDR das o. g. Symposium.

Zeit:
29. bis 31. August 1989

Ort:
Berlin/DDR

Inhaltliche Schwerpunkte:
a) Theorie (im Hinblick auf große Systeme)
— Modellbildung und Modellreduktion
— Stabilität, Robustheit, Integrität
— Dekomposition
— Dezentrale Steuerung und Schätzung
— Hierarchische Steuerung
— Entscheidungsfindung
— Wissensbasierte, Experten-, Entscheidungsunterstützte Systeme
— Mensch-Maschine-Kommunikation
— Forderungen an Rechnerarchitekturen
b) Anwendungen
— Fertigungssysteme
— Energiesysteme
— Verfahrenstechnische Industrie
— Leitungsprozesse
— Wassersysteme
— Landwirtschaft und Wald
— Umweltsysteme
— Sozialökonomische Systeme

Tagungssprache:
englisch (keine Simultanübersetzung)

Vortragsentwürfe (6 bis 8 Seiten A4 in Englisch in 5 Exemplaren) mit Problemstellung, grundsätzlichem Lösungsweg und wichtigsten Ergebnissen sowie (auf der ersten Seite) Titel, Name und Institution, Postadresse, passendem Schwerpunkt (s. o.) und einer Kurzfassung von 100 Worten sind

bis zum 15. August 1988

an folgende Adresse zu richten:

Prof. *K. Reinisch*
IFAC-Symposium Berlin 89
Wissenschaftlich-technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik in der Kammer der Technik
Clara-Zetkin-Str. 115—117
Berlin
DDR-1086

Weitere Termine:
— Information über Annahme des Vortrages: 10. Dezember 1988
— Termin für Einreichung der Vortragsendfassung: 28. Februar 1989
— Anmeldeschluß für Symposiumsteilnahme: 15. Mai 1989

17. Jahrestagung „Grundlagen der Modellierung und Simulationstechnik"

Vom 7. bis 9. Dezember 1988 findet an der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock die o.g. Tagung des FA „Modellierung" der WGMA in der KDT statt. Mitveranstalter sind das Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW der DDR und die Sektion Informatik der WPU Rostock.

Vorgesehene Tagungsschwerpunkte:
— Simulationsmethoden und -techniken
— Mathematische Modellierung von Umweltproblemen
— Mathematische Modellierung und Schaltkreisentwurf
— Simulation auf 16-bit-Mikrorechnern
— Wissensbasierte Modellierung.

Tagungssprache ist deutsch, ausländische Vortragende können auch englisch oder russisch sprechen.

Tagungsleiter:
Dr.-Ing. *H.-J. Bartsch*
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock
Sektion Informatik
Albert-Einstein-Str. 22
Rostock
DDR-2500

Organisatorische Anfragen richten Sie bitte an:

Kammer der Technik — WGMA
PF 1315
Berlin
DDR-1086.

XV. Fachtagung des Fachausschusses 14 „Elektronische Steuerungen auf Mikrorechnerbasis"

Die o. g. wissenschaftlich-technische Veranstaltung wird am 25. Oktober 1988 in Berlin durchgeführt.

Veranstalter:
Fachverband Elektrotechnik
in der Kammer der Technik
Fachausschuß 14
Steuerungs- und Regelungstechnik

Inhaltliche Schwerpunkte:
— Einführung von Expertensystemmodi in die Projektierung moderner Steuerungssysteme
— Die 16-bit-Industriecomputerfamilie ICA 700
— Anwendung modularer Grundbaugruppen MGB 7000
— Anwendung von Mikrorechnersteuerungen mit MRS 704/705; S 2000; ICA 700 und P 8000
— Weiterentwicklung des Mikrorechnersteuersystems audatec.

Teilnahmemeldungen sind schriftlich an folgende Anschrift zu richten:

Kammer der Technik
— Präsidium —
Fachverband Elektrotechnik
Clara-Zetkin-Str. 115—117
Berlin
DDR-1086

14. Konferenz des IFIP-TC 7 "System Modelling and Optimization"

Die Sektion Mathematik und Informatik der TH Leipzig veranstaltet unter Mithilfe der Akademie der Wissenschaften der DDR und der Mathematischen Gesellschaft der DDR vom 3. bis 7. Juli 1989 in Leipzig die o. g. Konferenz.

Thematische Schwerpunkte:
— Optimale Steuerung
— Modellierung und Optimierung stochastischer Systeme
— Verteilte Systeme
— Lineare und nichtlineare Programmierung
— Netzwerkprogrammierung und -optimierung
— Diskrete Optimierung
— Leistungsoptimierung von Computer-Kommunikations-Systemen
— Optimierungssoftware
— Optimierung in strukturierten Systemen
— Anwendungen in ökonomischen, technischen, industriellen, energetischen, Transport- und Verkehrs-, biomedizinischen, Umwelt- und Bildungssystemen

Während der Konferenz können fortgeschrittene Softwareentwicklungen, die mit den Schwerpunkten in Verbindung stehen, vorgeführt werden.
Das internationale Programmkomitee setzt sich aus namhaften Wissenschaftlern vieler Länder zusammen. Die Konferenz steht unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Dr. sc. nat. *H.-J. Sebastian.*
Anfragen richten Sie bitte an

TH Leipzig
Sektion Mathematik und Informatik
Sekretär des Organisationskomitees,
K. Tammer
PF 66, Leipzig, DDR-7030.

3. Internationale Konferenz "Computer Analysis of Images and Patterns" (CAIP '89)

Die Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT veranstaltet gemeinsam mit der Akademie der Wissenschaften der DDR und der Gesellschaft für Informatik der DDR

vom 31. August bis 2. September 1989
in Leipzig
die o. g. Konferenz.

Tagungsschwerpunkte:
— schnelle Signalverarbeitung
— Bildmodellierung
— Algorithmen
— KI-Techniken in der Bilderkennung
— Anwendungen
— Implementierungen.

Konferenzsprache ist Englisch. Leiter des Programmkomitees ist Prof. Dr. *W. Wilhelmi.* Für weitere Auskünfte wenden Sie sich bitte an:

Präsidium KDT, WGMA
Konferenzsekretariat der CAIP '89
Clara-Zetkin-Str. 115—117
Berlin, DDR-1086.

ISSN 0026-0347, mess., steuern, regeln
Berlin 31 (1988) 7, S. 289—336

15936 / 159 549 964
APW
4073 7001 1910 9HAT 11

Auslieferung in diesen Tagen durch den Fachbuchhandel

Zeitdiskrete Steuerungssysteme

Von Prof. Dr.-Ing. Manfred Günther. 2., bearbeitete Auflage, 300 Seiten, 170 Bilder, 25 Tafeln, Leinen, DDR 30,— M, Ausland 42,— DM. Bestellangaben: 553 928 8/ Günther, Steuerung
Der Einsatz der Mikrorechentechnik in modernen Automatisierungsanlagen ermöglicht die Lösung einer Vielzahl an Aufgaben der Prozeßsteuerung und -optimierung. Hierfür sind auch vertiefte Kenntnisse über dafür geeignete Beschreibungs-, Analyse- und Entwurfsmethoden notwendig. Der Autor gibt in Form eines Fachbuches mit Lehrbuchcharakter eine Einführung in die Beschreibung, die Analyse und den Entwurf zeitdiskreter Steuerungssysteme. Bei der Bearbeitung wurden die Erfahrungen im Lehrbetrieb und in der Zusammenarbeit mit Praxispartnern berücksichtigt. Der methodische Zugang zur Wechselbeziehung zwischen mathematischer Beschreibung und technischer Realisierung digitaler Regelungen wurde verbessert.

Experimentelle Meßtechnik im Maschinen- und Stahlbau

Von Dipl.-Ing. Karlheinz Schulze. 1. Auflage. 324 Seiten, 344 Bilder, 35 Tafeln, Kunstleder, DDR 33,— M, Ausland 46,— DM. Bestellangaben: 553 750 6/Schulze, Meßtechnik
Die Forderungen nach höherer Ausnutzung der Werkstoffe und Energieträger zwingen dazu, in Forschung und Entwicklung des Maschinen- und Stahlbaus hochinformative Verfahren der experimentellen Meßtechnik einzusetzen. Die während drei Jahrzehnten gesammelten Erfahrungen, verbunden mit einer ausführlichen Beschreibung der vielfältigen Meßverfahren und Anwendungsbeispielen, bieten einem breiten Nutzerkreis aus Wissenschaft und Technik praktische Hinweise zur Lösung der unterschiedlichsten Meßaufgaben. In diesem Sinne ist das Werk ein Handbuch der experimentellen Meßtechnik.
Hauptabschnitte: Aufgaben und Bedeutung der experimentellen Meßtechnik · Formänderungsmeßtechnik · Dehnungsmeßtechnik · Modellmeßverfahren · Kraftmeßtechnik · Messung zeitabhängiger Vorgänge · Messungen an Triebwerken · Temperaturmessung · Meßfehler · Übertragungssysteme · Meßwerterfassung und Meßwertauswertung · Organisatorische Hinweise.

Drehzahlvariable Drehstromantriebe mit Asynchronmotoren

Von Prof. Dr. sc. techn. Peter-Klaus Budig. 1. Auflage. 296 Seiten, 210 Bilder, 38 Tafeln, Leinen, DDR 40,— M, Ausland 46,— DM. Bestellangaben: 553 888 3/Budig, Drehstromantriebe
In einem Gesamtüberblick über das Gebiet der drehzahlverstellbaren Drehstromantriebe werden die Betriebsverhältnisse und die funktionellen Abhängigkeiten zwischen Stromrichter und elektrischer Maschine hergeleitet und daraus Schlußfolgerungen für die Konstruktion der Maschinen und die Gestaltung des Antriebs als System gezogen. Der Schwerpunkt liegt dabei, entsprechend ihrem sich verbreiternden Einsatz, auf Antrieben mit Asynchronmotoren.
Hauptabschnitte: Zur Geschichte der elektrischen Antriebstechnik Geregelte Antriebe und Energieökonomie · Vergleich der Gleichstrom- und Drehstromantriebstechnik · Frequenz-spannungsgestellte Asynchronmaschine · Verfahren zur Erzeugung der Pulsmuster · Der stromrichtergespeiste ASM · Moment des stromrichtergespeisten ASM · Betrieb des ASM am Wechselrichter · Geregelter Antrieb mit ASM · Die stromrichtergespeiste Synchronmaschine.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN